

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

Departamento de Economía y Hacienda Pública



EFICIENCIA TÉCNICA Y CAMBIO DE PRODUCTIVIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR PÚBLICA: UN ESTUDIO APLICADO AL CASO ESPAÑOL (2000-2009)

TESIS DOCTORAL

Presentada por

Angélica María Vázquez Rojas

Dirigida por

Dra. Carmen Pérez Esparrells

Madrid, Septiembre de 2011



**EFICIENCIA TÉCNICA Y CAMBIO DE PRODUCTIVIDAD EN LA EDUCACIÓN
SUPERIOR PÚBLICA: UN ESTUDIO APLICADO AL CASO ESPAÑOL
(2000-2009)**

Angélica María Vázquez Rojas
Directora: Dra. Carmen Pérez Esparrells

**Tesis presentada para optar al Grado de Doctor
en la Universidad Autónoma de Madrid**

**Programa Oficial de Posgrado en Economía
Departamento de Economía y Hacienda Pública
Universidad Autónoma de Madrid
2011**

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas deseo expresar toda mi gratitud a aquellas personas e instituciones que han colaborado en esta Tesis Doctoral y, por tanto, me han ayudado a concluir una etapa más de mi vida académica, la más importante.

En primer lugar, a la directora de la misma, la profesora Dra. Carmen Pérez Esparrells, quién desde un principio confió en este proyecto. Muchas gracias Profesora por todas las horas de reuniones, discusiones, propuestas, búsquedas de material, lecturas de borradores y esfuerzo que, día a día, y durante estos años has dedicado a este trabajo que también es el suyo. Sin tu guía, ayuda, constante apoyo y tiempo, y por qué no decirlo, sin el ánimo y entusiasmo que en todo momento me has transmitido, esta tesis hubiera sido prácticamente imposible de realizar. Infinitamente gracias.

Gracias al profesor Dr. José María Gómez Sancho, de la Universidad de Zaragoza, por todo su apoyo brindado en orientaciones metodológicas, y su implicación en la corrección de las sucesivas versiones de la misma que han sido, sin duda, decisivas en la realización de este trabajo.

Quiero agradecer el apoyo y acogimiento recibido de los profesores del Departamento de Economía y Hacienda Pública, especialmente al Dr. Maximino Carpio García, Dra. Amparo de Lara, Dr. Miguel Angoitia, Dr. José Juan Franch, Dr. Pedro Morón, Dra. Paloma Tobes, Dra. Dolores Dizey, Dr. Álvaro Salas y Dr. Jesús Trello, por sus ánimos y apoyo. De igual forma, agradezco a los profesores del Departamento de Estructura Económica que participaron en el Master, en especial al Dr. Antonio Vázquez Barquero, Dr. Javier Alfonso Gil, Dra. María Vara, Dra. Paloma Sánchez, por sus enseñanzas y apoyo. También a la profesora Dra. María Jano del Departamento de Economía Aplicada por sus comentarios en estadística y a los profesores Dra. Rocío Sánchez del Departamento de Análisis Económico: Economía Cuantitativa y Dr. Francisco Pérez del Departamento de Financiación e Investigación Comercial por sus comentarios econométricos.

Agradezco a los profesores Dr. Daniel Santín, Dr. Alfonso Utrilla y Dra. Rosa Urbanos por las orientaciones que recibí también inicialmente durante sus clases de doctorado en la Universidad Complutense de Madrid. Del mismo modo, agradezco al profesor Dr. Ciro Murayama, por su apoyo durante mi estancia en la Universidad

Nacional Autónoma de México. No quiero dejar de agradecer el apoyo siempre recibido de Reyes y Charo, las secretarías de los respectivos Dptos. implicados en el Máster en Desarrollo Económico y Políticas Públicas, en las cuestiones administrativas.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México la beca concedida para la realización del doctorado, a la Secretaría de Educación Pública por su apoyo económico para el Máster realizado, y a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por la licencia por estudios que me concedió para concluir esta tesis.

Muy importante ha sido el ánimo y apoyo recibido de mis amigos en diferentes facetas: en el Master (Sofía, Camila, Jasmine, Tamara, Nuria, Fernando, Edgar, Eduardo, Memo), en el día a día (María Luisa, Paloma, María Eugenia, Cristina, Cándida, Rosa), y de todos los demás amigos quienes me han apoyado desde la distancia (Yolanda, Maylin, Alejandra, Sheyla). De manera muy especial agradezco a Carlos Augusto por ser el gran amigo que es, su constante apoyo, paciencia y comprensión durante esta jornada de cuatro años de estudio.

Por último, y no por ello menos importante dar las gracias a mis padres, hermanos, en general a toda mi demás familia, que afortunadamente es tan amplia que me es imposible mencionar a todos, por su apoyo incondicional, a quienes los he sentido más cerca de mí a pesar de la distancia. Y especialmente a mis padres, Tolo y Pifa, por su inmenso amor, sabiduría que día a día me brindan, a quienes esta Tesis va dedicada. Espero con ello poder compensarles por las ausencias muy prolongadas debidas a mi dedicación a esta Tesis.

Gracias a Dios por poner en mi camino a las personas antes nombradas que con sus orientaciones, apoyo, ánimo y amistad han contribuido para que yo llegue a la meta.

En Madrid a 5 de septiembre de 2011

INDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL.....13

CAPÍTULO 1. ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE EFICIENCIA: CONCEPTO Y SU MEDICIÓN EN EL SECTOR PÚBLICO

1.1.	Introducción.....	27
1.2.	El concepto de eficiencia y su medición.....	28
1.3.	La medición empírica de la eficiencia.....	35
1.3.1.	Aproximaciones paramétricas.....	36
1.3.2.	Aproximaciones no paramétricas.....	38
1.4.	El Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	40
1.4.1.	El modelo CCR y algunas de sus extensiones.....	47
1.4.1.1.	El modelo BCC (los rendimientos de escala en la tecnología de producción).....	47
1.4.1.2.	El modelo DEA y el análisis temporal de la eficiencia (índice de Malmquist).....	51
1.5.	La medición de la eficiencia en el sector público.....	57
1.6.	Recapitulación.....	61

CAPÍTULO 2. LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA: EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PRESENCIALES ESPAÑOLAS

2.1.	Introducción.....	65
2.2.	Selección de la unidad muestral de referencia.....	67
2.3.	Homogeneidad de la muestra.....	69
2.4.	Selección de la muestra para el caso español.....	71
2.4.1.	Metodología aplicada a las UU.PP.PP españolas.....	75
2.4.2.	Interpretación de resultados (2000-2008).....	81
2.5.	Recapitulación.....	90

CAPÍTULO 3. LA SELECCIÓN DE INPUTS Y OUTPUTS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR PÚBLICA

3.1.	Introducción.....	95
3.2.	La función de producción en la educación superior.....	96
3.3.	Las variables en la función de producción universitaria.....	101
3.3.1.	Outputs.....	102
3.3.2.	Inputs.....	108
3.4.	Selección de variables <i>proxy</i> de inputs y outputs.....	112
3.4.1.	Definición de variables <i>proxy</i>	116
3.4.2.	Evidencia empírica de las relaciones entre variables seleccionadas: Modelando el proceso de investigación.....	119
3.4.3.	Definiendo la combinación de inputs y outputs	126
3.5.	Recapitulación.....	128

CAPÍTULO 4. EFICIENCIA TÉCNICA Y CAMBIO DE PRODUCTIVIDAD, MEDIANTE EL ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS. EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS ESPAÑOLAS

4.1.	Introducción.....	133
4.2.	Revisión de literatura sobre evaluación de eficiencia en educación superior, mediante la técnica DEA.....	135
4.2.1.	Estudios a nivel internacional.....	135
4.2.2.	Estudios a nivel nacional.....	138
4.3.	Diseño de la aplicación del DEA.....	141
4.3.1.	Selección del modelo y sus opciones de análisis DEA.....	142
4.3.2.	Selección de la muestra, las variables y los datos	145
4.4.	Estimación empírica de la eficiencia productiva para el caso de las UUPPPP españolas (2002-2008).....	149
4.4.1.	Modelo DEA global (escenario 1).....	151

4.4.2. Modelo DEA ajustado por homogeneidad (escenario 2).....	153
4.4.3. Modelo DEA ajustado por función de producción separada, y por homogeneidad (escenario 3).....	157
4.4.4. Interpretación de resultados.....	161
4.5. Principales estudios sobre Índice de Malmquist y su aplicación en la educación superior.....	167
4.5.1. Estudios a nivel internacional.....	168
4.5.2. Estudios a nivel nacional.....	171
4.6. Medición del índice de cambio de la productividad de Malmquist, para el caso de las UUPPPP españolas en el periodo 2002-2008.....	172
4.6.1. Definición de modelos.....	173
4.6.2. Estimación del Índice de Malmquist para los distintos modelos: docencia e investigación, sólo investigación y sólo docencia.....	175
4.6.3. Interpretación de resultados	176
4.7. Recapitulación.....	185
CONCLUSIONES FINALES.....	195
APÉNDICES	
APENDICES AL CAPÍTULO 2.....	211
APENDICES AL CAPÍTULO 3.....	227
APENDICES AL CAPÍTULO 4.....	240
BIBLIOGRAFÍA.....	263

INTRODUCCIÓN GENERAL

A partir de los años ochenta y en especial de los noventa, el sector universitario tanto en los países desarrollados como en desarrollo ha puesto especial énfasis en la búsqueda de la eficiencia, la equidad y la calidad de los servicios prestados a la sociedad, debido a que la realidad en la que se desenvuelven las instituciones de educación superior de nuestro entorno, requiere un mayor rendimiento de las mismas en la cada vez más competitiva sociedad del conocimiento, hoy muy globalizada.

Concretamente, en España, la Constitución de 1978, introduce dos novedades importantes en el Sistema Universitario Español (en adelante, SUE): la autonomía universitaria y la descentralización política y administrativa, que supuso el progresivo traspaso (1985 a 1996) de las competencias¹, entre otras, en materia de educación universitaria a las Comunidades Autónomas y que permitió la diferenciación de los sistemas universitarios regionales. Ambas, son el punto de partida de un proceso de cambio que perdura hasta nuestros días y en el que la búsqueda de la excelencia y la calidad van a constituirse en objetivos prioritarios para el SUE.

En este proceso de modernización de las universidades públicas españolas, objeto de estudio de esta tesis, se pueden señalar cinco aspectos que lo caracterizan:

En primer lugar, por la reordenación de las políticas educativas regionales, teniendo en cuenta las necesidades de cada territorio como consecuencia de la citada descentralización, así como la modificación de las normas de financiación pública (nuevos modelos de financiación, contratos-programa, etc.) que van a obligar a establecer estrategias de actuación basadas en la eficiencia, sin olvidar la igualdad de oportunidades (equidad).

En segundo lugar, por la expansión del sector universitario español que durante este período experimenta un notable incremento de la demanda y la oferta. Rahona y Angoitia (2007) señalan que el incremento de la demanda en las universidades de España ha sido resultado de la interacción de múltiples variables, como la evolución

¹ El primer impulso fue la Ley de Reforma Universitaria, que entró en vigor en 1983, y fue enfocada hacia la organización de las universidades y la modernización científica.

demográfica, la influencia de ciertos factores económicos y transformaciones sociales, y por último, el efecto de diversos cambios impulsados desde las instituciones (el crecimiento de la oferta universitaria, tanto el número de universidades públicas como privadas y/o de la iglesia²; entre otros).

En tercer lugar, por la gran reforma de la Administración Pública, que se produce a nivel internacional y conocida como *New Public Management* (NPM) o *Nueva Gestión Pública* (NGP) (Hood, 1991) descrita como una «reinención del gobierno» por Osborne y Gaebler (1992).

No obstante, aunque se trata de una cuestión sobradamente conocida, merece la pena introducir una somera explicación aquí, habida cuenta que esta reforma supone la incorporación a la Administración Pública de las políticas de eficiencia. Obedece fundamentalmente a tres motivos: *la falta de recursos de los sistemas*, consecuencia de la reducción de recursos financieros ocasionada por el control del déficit público; *dar respuesta a la situación internacional de globalización a través de la mejora en los servicios* con el objetivo de prosperar en el entorno competitivo en el que se asienta; y el *rápido ritmo de cambio* provocado no sólo por la competitividad internacional, sino por las innovaciones en comunicación e informática que propician una mayor rapidez en la toma de decisiones.

Esta modificación de la visión de la Administración Pública se caracteriza por el cambio de la conciencia del gasto a la conciencia del coste, de la cultura del monopolio a la cultura de la competencia, de la del ciudadano-servidor a la del ciudadano-cliente y de la burocracia a la adaptación, la flexibilidad y la preocupación por la productividad y la calidad en la provisión de los servicios, lo que obliga a la Administración a ser competitiva en el mercado. Obvia, y podríamos decir que afortunadamente, el sector público español y, por ende, el universitario no es ajeno a esta modernización,

² El objeto de esta tesis es el estudio de las universidades públicas presenciales españolas. No obstante, es importante destacar el crecimiento que se ha producido en el sector universitario privado. Porque hasta el año 1952 había 4 universidades privadas de la Iglesia. Y en los siguientes 40 años no se creó ninguna universidad privada nueva, hasta en 1991 con la creación de la Universidad Ramón Llull. A partir de este año se acelera la constitución de universidades privadas, siendo en los últimos años cuando se ha producido un crecimiento sustancial: en 17 años, desde 1993 hasta 2010 se han creado 23 nuevas universidades privadas y/o de la Iglesia (ME, 2010).

incorporando a su gestión, como ya se ha dicho, la preocupación por la búsqueda de la eficiencia y calidad en sus servicios.

Paradójicamente y a pesar de que, como se ha señalado, el motivo fundamental de la necesidad de una Nueva Gestión Pública es la restricción de recursos financieros, en la actualidad, las sociedades de los países europeos, y también la española, *“creen firmemente en el papel de la Universidad como elemento estratégico para lograr un mayor desarrollo social, cultural y económico, percepción que apoya la realización de un esfuerzo fiscal para la financiación de un gasto público en educación superior elevado, resultando, a su vez y como consecuencia de esa Nueva Gestión, necesario que las Universidades rindan cuentas a la sociedad, manteniendo una gestión transparente e informando de sus actividades y resultados, para que los ciudadanos puedan valorar si las Universidades cumplen sus expectativas”* (Ortega, Pérez Esparrells y Morales, 2008).

Esto resulta fundamental en un sistema universitario como el español, en el que predominan las universidades públicas, objeto de estudio de esta tesis –que como veremos representan más del 64% de las instituciones del Sistema Universitario Español³. No obstante, como se ha señalado, el creciente aumento de las privadas y/o de la iglesia a partir de 1991 es un hecho incuestionable.

En cuarto lugar, desde finales de los ochenta, la actividad de investigación se ha convertido en una parte substancial del sistema de educación superior español.

Los importantes cambios de la estructura legal, en lo que se refiere al más fácil acceso por parte del personal académico a los fondos de investigación de los diferentes niveles de administración (regional, nacional o europeo), han propiciado que el SUE haya evolucionado desde un modelo de sólo actividad de docencia, a una combinación de ambas actividades de docencia e investigación (García Aracil *et al.* 2010). Esos cambios han llevado a serios desequilibrios entre las instituciones, ya que aquéllas que

³ El SUE está conformado por 78 universidades siendo éstas divididas en: 50 públicas y 28 privadas y/o de la Iglesia; lo anterior evidencia que el 64,1% de las instituciones universitarias son públicas y el 35,9% son privadas. Éstas a su vez se subdividen en presenciales, no presenciales y especiales (ME, 2010).

han seguido una política de incrementar tanto cualitativa como cuantitativamente su nivel de investigación resultan más competitivas.

Por último, hay que destacar los cambios de naturaleza institucional derivados de la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y la necesidad de la universidad española de adaptarse a los estándares académicos de dicho Espacio, que trata de impulsar la libre circulación de estudiantes y profesores y el reconocimiento oficial de los títulos dentro del sistema universitario europeo, todo lo cual está significando un cambio estructural del actual sistema de enseñanza superior.

En este espacio resulta ineludible señalar el importante reto que ha supuesto para el SUE la incorporación al denominado Proceso de Bolonia (1999) culminada en 2010 y a partir de la cual se inicia un proceso de consolidación de la Universidad Española.

Ya en la primera década del siglo XXI, continúa el ciclo expansivo de las universidades, pero, al contrario que en el período anterior, sufren una contracción de la demanda, manteniéndose el aumento de oferta (el número de universidades privadas continúa incrementándose), progresan sus reformas⁴ y también se han marcado otros tipos de prioridades, entre las cuales destaca el incremento de la calidad en sus actividades principales (docencia e investigación), y donde se agrega la actividad denominada como la “tercera misión”: que incluye la transferencia de conocimiento y tecnología y la responsabilidad social universitaria⁵. Con estas nuevas metas, se generan cambios en las diversas políticas de las instituciones universitarias que afectan a distintas dimensiones como son la eficacia, excelencia, equidad y eficiencia, destacando esta última como un elemento fundamental para la evaluación sistemática de los logros alcanzados, pues sería incoherente pensar en una universidad de calidad que sea ineficiente.

⁴ En 2001 fue introducida la Ley de Universidades (LOU), con los objetivos de la implementación de políticas que garantizan la calidad y preparando para la entrada del Sistema Universitario Español en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La modificación de la LOU en 2007 introdujo cambios referentes a elecciones rectorales, acreditación de facultades y selección, y la coordinación de cuerpos de la política universitaria.

⁵ En años recientes, las instituciones de educación superior españolas han adoptado diversas estrategias para adecuarse a los cambios que requiere el mundo, entre ellas, la promoción de las actividades llamadas tercera misión (García Aracil *et al.* 2010). En este sentido, se mantiene un largo debate acerca de las consecuencias de incluir esta tercera misión entre las misiones institucionales de las universidades (Casani, Pérez Esparrells y Rodríguez Pomedá, 2010).

Actualmente, como señalan Ortega, Pérez Esparrells y Morales (2011) y ya centrándonos en el Sistema Universitario Público Español (en adelante, SUPE), verdadero objeto de estudio de esta tesis, a finales de la década de los años 2000, finaliza un ciclo de expansión de la educación superior, coincidiendo con una situación de fuertes restricciones presupuestarias que, en el marco de la actual situación de profunda crisis económica mundial, hacen más necesarios que nunca los cambios para remontar ésta sin dejar de afianzar las políticas ya existentes en materia de financiación, gobernanza, eficiencia, calidad, etc., introduciendo a su vez, las pertinentes iniciativas acordes con las nuevas exigencias.

Es este, por tanto, el momento oportuno para poner en marcha las mejores propuestas en materia universitaria, abriendo con ello un nuevo ciclo hacia la consolidación y mejora del SUPE que de esta manera busca colocarse a la altura de otras universidades europeas en la carrera hacia el nuevo sistema de educación superior en Europa.

Por todo lo anterior y dados los cambios observados dentro del SUPE y la tan requerida adecuación del mismo al mundo globalizado, es preciso analizar el comportamiento de las instituciones públicas de educación superior desde diferentes ángulos: análisis de eficiencia productiva, análisis coste-beneficio, análisis de rankings universitarios, análisis de igualdad en el acceso y políticas de becas, y de préstamos y otras ayudas universitarias, entre otros, con la finalidad de proveer de la información indispensable a los gestores de la política educativa, para que puedan adecuarse a los cambios según lo requiera la situación española.

Dentro de este contexto se enmarca la importancia de la investigación que se lleva a cabo en esta tesis doctoral, cuyos objetivos consisten en analizar la eficiencia técnica y medir el cambio de productividad de las Universidades Públicas Presenciales (en adelante, UUPPPP) que componen la “columna vertebral” del Sistema Universitario Español. Igualmente, esta tesis busca hacer énfasis en el proceso que es necesario acometer para concretar esta evaluación, lo que conlleva a discutir los aspectos metodológicos en la aplicación de dicha técnica.

A partir de mediados de los años noventa las universidades públicas españolas han sido objeto de estudio, en términos de evaluación de la eficiencia productiva desde

diversas ópticas: I) desde el enfoque del análisis de departamentos: los primeros estudios se remontan al año 1999 con el trabajo de García Valderrama y Gómez Aguilar; II) los estudios por área de conocimiento comienzan en 1995 con el trabajo de Pina y Torres; III) mientras que, los estudios centrados en las universidades como unidad de análisis se inician en el año 2001, con Gómez Sancho. Sin embargo, dichos estudios fueron enfocados solamente para un año de estudio específico. Por el contrario, en esta tesis hemos planteado una evaluación de la eficiencia técnica en varios años, así como el análisis del cambio de productividad total de factores de las UUPPPP españolas en el periodo 2000-2009.

La realización de un estudio de esta índole es novedosa, porque no existe un estudio dinámico de la evaluación de la eficiencia productiva de las UUPPPP españolas utilizando la técnica no paramétrica, Análisis Envolvente de Datos (DEA). En concreto, aplicando el modelo DEA convencional (con rendimientos variables a escala) y el índice de Malmquist que descompone el cambio de la productividad total de factores en dos componentes (cambio en eficiencia técnica y cambio tecnológico). El estudio se realiza para los cursos académicos de 2000/01 hasta 2008/09, periodo en el que, como ya se ha argumentado al inicio de esta introducción, el contexto universitario español ha vivido un proceso de cambio más intenso en las funciones principales de la universidad (docencia e investigación), con el impulso dado por los cambios legislativos (LOU, 2001 y LOM LOU, 2007) y la consolidación de la descentralización y las políticas universitarias regionales.

Este proceso de cambio, acuciado, como ya se ha dicho, por las presiones financieras sobre el Sector Público y en el que se hayan inmersas las universidades públicas españolas, ha suscitado un mayor interés por la medida de la eficiencia con la que desarrollan sus actividades la diferente gama de organizaciones que lo integran. A su vez, otros aspectos, también señalados, han generado un incremento de los estudios referentes a la eficiencia y a su evaluación en el ámbito del Sector Público, como son el aumento de las exigencias por parte de los usuarios para obtener mayores niveles de eficiencia y efectividad de los servicios públicos consumidos o la gran inquietud social por dotar a los centros de decisión de las entidades públicas de técnicas de gestión que contribuyan eficazmente al proceso de toma de decisiones.

En el ámbito de la educación, y más específicamente en la educación superior universitaria, estas razones se hacen presentes especialmente en los últimos veinte años. Dentro de estos tipos de análisis, los estudiosos en Economía de la Educación están dirigiendo su atención de forma progresiva a la evaluación de la eficiencia de las universidades, principalmente públicas, porque como ya se ha comentado y observan los expertos en dicha área, las universidades públicas españolas se han mantenido en constante acción ante los cambios que se producen en su alrededor, están buscando las mejores formas para adaptarse y responder a las continuas demandas y necesidades de su entorno. Las universidades son un ente en constante movimiento que está siendo sometido a examen y fiscalización por parte de los propios alumnos, de los nuevos y potenciales usuarios, de los empresarios, de los financiadores directos e indirectos, de la administración pública y de la sociedad en general.

Ante esa presión de la demanda y la búsqueda constante de la calidad en un entorno cada día más exigente, es imprescindible contar con estudios sobre evaluación del rendimiento de las universidades, en términos de eficiencia técnica y de productividad. Por su naturaleza, los cambios han requerido no sólo realizar esfuerzos especiales en el empleo de los recursos, sino también plantearse ajustes de las funciones de las universidades y sus pautas de producción y actuación.

Sin embargo, hay que destacar que la realización de estudios cuyo objetivo es evaluar la eficiencia productiva de las universidades se enfrenta a ciertas adversidades, muchas de las cuales comúnmente están presentes en la producción de servicios, así como otras muy concretas del ámbito educativo. Dentro de estas dificultades, destacan: la homogeneidad de la muestra, la conceptualización y medición de los inputs y outputs participantes en el proceso de producción universitaria y el hecho de que la universidad suele caracterizarse como una organización multi-inputs y multi-outputs; así también están presentes las dificultades de imputación de precios, que no permiten especificar la magnitud del producto educativo.

Las metodologías comúnmente empleadas para obtener las estimaciones de la eficiencia son dos: primera, una función de producción paramétrica, estimada a través de regresiones; y segunda, la utilización del método no paramétrico conocido como análisis envolvente de datos (DEA). En este sentido, tanto los argumentos teóricos

como la revisión de la literatura se inclinan por utilizar el DEA. Dentro de las ventajas que ofrece esta técnica, la flexibilidad es considerada la más importante, porque permite modelizar la tecnología subyacente. A diferencia de la técnica paramétrica que debe asumir una forma funcional específica para la función de producción, el DEA, en cambio, permite soslayar este supuesto, de tal forma que sólo es necesario asumir una serie de propiedades para el conjunto de posibilidades de producción. Dicha técnica ofrece la oportunidad de solucionar la dificultad de modelizar las tecnologías de producción, la “caja negra” tan importante para el análisis en el proceso de producción educativo.

De las características generales de la técnica DEA se derivan una serie de aspectos positivos que la convierten en una metodología atractiva a la hora de llevar a cabo un análisis de eficiencia productiva en el ámbito del sector público, en general, y del sector educativo, en particular. Sin embargo, el DEA también presenta ciertas desventajas que deben tenerse presentes a la hora de realizar su aplicación, destacando su carácter determinista, su alta sensibilidad a la presencia de *outliers* (atípicos) y/o errores de medida, entre otros. Es preciso mencionar que, en los últimos años, se han desarrollado nuevas extensiones del modelo original que han permitido superar los inconvenientes del mismo y el DEA se ha convertido en una herramienta muy potente, no sólo en la evaluación de eficiencia técnica en el sector público, sino también como punto de partida para la toma de decisiones, dada la riqueza de información que nos ofrece.

En esta tesis se ha optado por el Análisis Envolvente de Datos como metodología base para analizar la eficiencia productiva y el cambio de la productividad total de factores de las 47 Universidades Públicas Presenciales españolas, en los cursos académicos de 2000/01 a 2008/09. El hecho de tener el DEA como metodología base hace necesario cumplir dos principales condiciones: I) la homogeneidad de la muestra; II) y la selección cuidadosa de inputs (recursos) y outputs (resultados). Para dar cumplimiento a estas condiciones hemos adoptado dos objetivos específicos: I) clasificar las Universidades Públicas Presenciales españolas, mediante la técnica cluster, para elegir la muestra de universidades objeto de estudio (Capítulo 2); y II) seleccionar las variables *proxy* de inputs y outputs, con base en una revisión de la literatura sobre el

estudio de eficiencia técnica en la educación superior, y con el apoyo de análisis de correlación y de regresión (Capítulo 3).

A través de la realización de estos objetivos se contrastarán en esta tesis las siguientes hipótesis:

Hipótesis centrales:

- Se contrasta si las UUPPPP españolas en términos promedio han operado (o no) con eficiencia técnica (utilizando el Análisis Envolvente de Datos) en el periodo de 2002 a 2008.
- Se estima si se ha producido un cambio positivo (o negativo) en la productividad total de factores (índice de Malmquist) de las UUPPPP españolas, a lo largo del tiempo analizado (2002-2008).

Hipótesis adyacente:

- Se analiza si existe (o no) un patrón de especialización de las UUPPPP españolas en el periodo de 2000 a 2008.

Para cumplir con los objetivos y la contrastación de las hipótesis planteadas en el desarrollo de la investigación, la presente tesis doctoral se estructura en los siguientes capítulos. En el **primero** se establecen los aspectos teóricos sobre eficiencia y productividad, su medición, así como la metodología en que se sustenta esta tesis. En este capítulo se abordan de manera general los conceptos teóricos sobre eficiencia, los diferentes tipos de modelos DEA y sus características, y también se describe el índice de Malmquist (técnica comúnmente utilizada para medir el cambio de la productividad total de factores).

En el **capítulo segundo** se aborda la selección de la muestra de universidades sobre la que se realizarán las evaluaciones de eficiencia. Esto nos lleva a estudiar, como primer punto, los aspectos relacionados con la homogeneidad de las universidades, puesto que son las mejores prácticas observadas las que construyen la frontera de eficiencia, que sirve de referencia para obtener las estimaciones. Para seleccionar la muestra, hemos recurrido a la técnica cluster que permite agrupar a las universidades

públicas españolas en conglomerados, resultando tres grupos sobre los que posteriormente se calcularán las estimaciones: universidades generalistas, semigeneralistas y técnicas.

En el **capítulo tercero** se realiza la selección de variables *proxies*, tanto de inputs como de outputs en la función de producción de la educación superior, que serán utilizadas en el modelo DEA convencional e índice de Malmquist. Para tal selección nos basamos en el análisis y valoración de lo realizado en estudios previos que han aplicado la técnica DEA y el índice de Malmquist en la evaluación del rendimiento de universidades, y también nos apoyamos en un análisis de correlación y regresión.

En el **capítulo cuarto**, se procede a la especificación y aplicación del modelo DEA convencional y el Índice de productividad de Malmquist en las universidades públicas españolas, detallándose los resultados obtenidos y comparándolos, dentro de lo posible, con los hallazgos de otros estudios previos sobre el sector universitario público español para mostrar el avance científico de esta tesis.

La metodología DEA es aplicada a las 47 UUPPPP en conjunto para cuatro cursos académicos, donde los resultados encontrados muestran que algunas universidades con índices por debajo de cien por cien están tomando como referencia a las universidades eficientes con estructura de profesorado equivalente a tiempo completo por rama de enseñanza muy diferente.

Es importante aclarar que una universidad o grupos de universidades deberían ser comparados con observaciones similares, es decir, comparar objetos que fuesen comparables. Por ejemplo, si la Universidad de Girona fuese comparada con la Universidad de Pablo de Olavide, siendo ésta última la de referencia, la comparación estaría sesgada pues ambas universidades son disímiles en cuanto a su proporción de profesores docentes e investigadores distribuidos por rama de conocimiento.

Por los hallazgos antes mencionados se observa la necesidad de seleccionar la muestra de universidades y agrupar aquellas en grupos con características similares, para lo cual recurrimos a la técnica cluster que nos permite clasificar a las UUPPPP españolas, utilizando la variable de Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo (PDIETC) por rama de enseñanza como variable de agregación. Los

resultados permiten dibujar, por primera vez, el mapa universitario español en función del PDIETC en tres conglomerados bien definidos⁶: 1) Grupo de universidades generalistas; 2) Grupo de universidades semi-generalistas; 3) Grupo de universidades técnicas.

Después de la clasificación de universidades en tres grupos bien definidos, aplicamos la técnica DEA (modelo convencional) a cada uno de ellos. Una vez que el problema de heterogeneidad fue tratado, con los resultados más depurados, observamos cuáles universidades destacan por presentar (o no) eficiencia técnica. Sin embargo, con los hallazgos obtenidos nos resulta difícil afirmar que una universidad es eficiente tanto en docencia e investigación, teniendo implícito el sesgo de que una universidad puede ser muy eficiente en docencia, pero no en investigación o viceversa. Este sesgo se observa porque estos resultados suponen que una universidad es eficiente sin importar qué output produce, por lo tanto, no podríamos afirmar que una universidad es eficiente de forma global, o solamente si es eficiente en docencia o en investigación. Lo mejor sería que dicha universidad fuese eficiente, tanto en docencia como en investigación; sin embargo, al plantear una única función de producción no sabemos de qué actividad proviene la eficiencia o si es producto de ambas.

Ante ésta situación proponemos estimar la eficiencia por separado, un análisis para la actividad de docencia y otro análisis para la actividad de investigación, es decir, dos funciones de producción independiente para cada uno de los tres grupos de universidades. En la función de producción referente a investigación, hemos agregado como novedad el importe en I + D (variable rezagada con 4 años) como un input con la finalidad de discriminar aquellas universidades que muestren bastante ingreso y bajo número de publicaciones.

La selección de variables *proxy* de inputs y outputs se muestra en el capítulo tercero. Una desventaja al separar la función de producción es el supuesto de la producción simultánea con determinados inputs, es decir, un profesor cuando hace docencia, también hace investigación y viceversa; es probable que al momento de investigar también realice docencia, pero lo contrario nos genera ruido. El tratamiento

⁶ Además de estos grupos, fue encontrado también un grupo disperso formado por dos o tres universidades atípicas.

de inputs compartidos y producción conjunta en la técnica DEA están siendo estudiados por los expertos, por lo que hacemos uso de las herramientas a nuestro alcance. Bajo el supuesto de producción simultánea con determinados inputs, y una vez calculada la eficiencia de cada actividad en los grupos homogéneos de universidades para cuatro cursos académicos 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09, los resultados año con año nos permiten observar con más nitidez cuál es la actividad que hace eficiente una universidad.

Las universidades como entes dinámicos llevan consigo la importancia de estudiar sus comportamientos en términos de eficiencia a lo largo del tiempo, por lo que nos enfrentamos a la situación de cómo capturar el factor tiempo en el análisis envolvente de datos. Si bien es cierto el modelo DEA convencional por ahora sólo nos permite calcular el índice de eficiencia para distintas unidades en un solo momento del tiempo, por tanto hemos recurrido al índice de Malmquist (enfoque no paramétrico) como una metodología complementaria del estudio que permite aproximar el cambio de la productividad total de factores de una universidad determinada en un período de tiempo. Además, este índice se desagrega en dos componentes: primero, para analizar el cambio en eficiencia técnica, esto es, el grado de convergencia a la frontera de producción que experimenta la unidad evaluada en el periodo estudiado; y segundo, para aproximar el cambio técnico o el efecto innovación tecnológica materializado en el desplazamiento de la frontera de producción.

El **capítulo quinto**, donde se enuncian las conclusiones generales, nos permite resumir de una forma agregada los aspectos más destacados de cada uno de los capítulos. En éste capítulo también se abordarán, de igual manera, los principales hallazgos encontrados en la presente tesis y algunas sugerencias sobre gestión universitaria.

Por último, se agregan varios **apéndices** mostrando los resultados que complementan algunos de los aspectos más específicos abordados a lo largo de los capítulos que integran la tesis.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE EFICIENCIA: CONCEPTO Y SU MEDICIÓN EN EL SECTOR PÚBLICO

CAPÍTULO 1. ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE EFICIENCIA: CONCEPTO Y SU MEDICIÓN EN EL SECTOR PÚBLICO

1.1. Introducción

En este capítulo se realiza una breve revisión de los diferentes conceptos y formas posibles de medir la eficiencia. Haciendo énfasis en la técnica Análisis Envolvente de Datos, dada su enorme utilización en el ámbito del sector público, en el que se sitúa la presente investigación.

Con éste propósito, el capítulo se ha estructurado en seis apartados. A partir de esta introducción, el objeto del segundo apartado es abordar el concepto de eficiencia económica, diferenciando entre eficiencia técnica y asignativa, y continúa con los métodos utilizados para su medición, tomando como punto de referencia el estudio de Farrell (1957). A continuación, el tercero expone las diferentes alternativas que se encuentran en la literatura para obtener una medida adecuada de la eficiencia, y que pueden dividirse, fundamentalmente, en técnicas paramétricas y no paramétricas.

Una vez expuestas las características de ambas técnicas, en el cuarto apartado se presenta una explicación de la metodología Análisis Envolvente de Datos (DEA), en donde además de presentar su formulación básica, se abordan algunas extensiones del DEA que serán de gran utilidad en la presente investigación. En el quinto apartado se mencionan las características que acompañan a los servicios públicos y que, a nuestro juicio, justifican la decisión de utilizar el DEA en la evaluación de la eficiencia en un conjunto de unidades productivas pertenecientes a este ámbito. Por último, el apartado de recapitulación.

Cabe mencionar que la mayoría de las cuestiones tratadas en este capítulo responden a una reproducción de lo leído en tesis, capítulos de libros, manuales y artículos a lo que se ha recurrido en la realización de esta tesis. Por tanto, el objetivo es exponer de forma clara y coherente los conceptos y aspectos teóricos necesarios para desarrollar los capítulos segundo y tercero, así como presentar las características de la técnica utilizada en los análisis empíricos del capítulo cuarto.

Es preciso desde el primer momento, dejar constancia de los trabajos en los que nos hemos basado para la realización de este capítulo. Como primer documento base hemos utilizado el capítulo primero de la tesis doctoral de Gómez Sancho (2005). El trabajo anterior ha sido enriquecido por las tesis doctorales de Cordero (2006), Santín (2003) y la de Martín Rivero (2005). En el apartado sobre los aspectos teóricos también se han examinado los libros de Coelli, Battese y Prasada (1998), Fried, Lovell y Schmidt (1993), y el de Álvarez Pinilla (2001). Para la parte correspondiente a la metodología envolvente de datos (DEA), nos han sido de mucha utilidad los manuales de Cooper, Seiford y Tone (2000), y Cooper, Seiford y Zhu (2004).

1.2. El concepto de eficiencia y su medición

En general, los estudiosos de la economía manifiestan un elevado grado de consenso en considerar que una asignación de recursos es eficiente, en sentido de Pareto, esto se traduce cuando no existe una mejor asignación de recursos que beneficie la situación de algún individuo sin empeorar la misma de algún otro. Por lo anterior, se trata de un concepto relativo, al basarse en la comparación del comportamiento de una unidad productiva con la de otras análogas. La situación del óptimo de Pareto se garantiza siempre que se cumplan las condiciones que caracterizan la eficiencia en la producción, la eficiencia en el intercambio y la eficiencia global.

El estudio y medición de la eficiencia lleva implícito la medición de ineficiencia en el proceso productivo y se observa una vinculación directa con la idea de optimización que sustenta la teoría económica. Una definición muy clara de eficiencia:

“Eficiencia es la caracterización de la relación entre la producción observada y algún ideal o producción potencial”, Greene (2001, p. 95).

Aunque en la práctica no todas las unidades productivas (en nuestro caso, universidades) consiguen maximizar su beneficio, lo que lleva a situaciones de ineficiencia⁷. Y por otro lado, para que la unidad de estudio maximice sus beneficios se

⁷ De acuerdo a Green (2001, p.98), “la ineficiencia se refiere al grado en que las elecciones de inputs no satisfacen las equivalencias marginales necesarias para la maximización del beneficio.

le exige que tome correctamente las siguientes decisiones: i) de entre todos los niveles de producción posibles, debe elegir el output cuando el ingreso marginal sea igual al costo marginal; ii) de entre todas las combinaciones de inputs que sirven para producir el nivel de output anterior debe seleccionar la mejor combinación de inputs que minimice el coste de producción, lo cual ocurrirá en el momento de utilizar cantidades de cada factor variable hasta el punto donde el valor del producto marginal de cada factor se iguale a su precio y; iii) la empresa debe producir el output elegido con la cantidad mínima de inputs posible, esto es, debe trabajar en su función de producción. Cómo se puede percibir en las decisiones mencionadas o mejor dicho, se induce a la reflexión de los tres tipos de eficiencia siguientes:

i) Eficiencia técnica es un concepto tecnológico que hace referencia a la idea de evitar el derroche de recursos en el proceso productivo, concentrándose en las cantidades, ya sea utilizando más inputs de los necesarios para obtener una producción determinada o produciendo menos de lo esperado con una dotación fija de factores. De esta manera, el análisis de eficiencia técnica puede manifestar una orientación hacia la maximización del output o la minimización de los inputs (Fried *et al.* 1993).

Si fuese el caso a seguir la orientación output, reflejaría la producción del máximo nivel de output posible para una combinación específica de factores. Mientras que si la orientación es input, representaría la cantidad mínima requerida de inputs, combinados en una cierta proporción para lograr un nivel dado de output (Álvarez Pinilla, 2001).

ii) Eficiencia asignativa o de coste, se refiere a la capacidad de los productores para combinar los inputs y outputs de la mejor manera teniendo presente los respectivos precios y productividades marginales (Fried *et al.* 1993). Dicho concepto aborda cantidades físicas y monetarias, a diferencia de la eficiencia técnica.

iii) Y si ambos tipos de eficiencia se logran se obtiene la eficiencia global.

La presente investigación se centra particularmente en la eficiencia técnica y los mecanismos que pueden utilizarse en su medición, puesto que en el contexto público donde se ubica el objeto de estudio, los precios de los factores de producción y de los resultados del proceso suelen ser desconocidos, lo que hace imposible obtener una medida de la eficiencia asignativa.

El primer autor que proporciona una consideración teórica de la eficiencia técnica fue Koopmans (1951), definiéndola como un vector compuesto de inputs y outputs, donde en términos tecnológicos no es posible incrementar algún output (o reducir algún input) sin simultáneamente incrementar algún input (o reducir algún otro output). Sin embargo, esta primera definición sólo permitía diferenciar a los productores eficientes de los ineficientes pero no proporcionaba algún mecanismo para medir el grado de la ineficiencia (Färe *et al.* 1994).

Cabe destacar a Debreu (1951) y a Farrell (1957) quienes desarrollaron una medida radial denominada “coeficiente de utilización del recurso”, que describía en términos porcentuales el grado de eficiencia con el que operaban los productores. Ésta medida fue definida como la ratio máxima reducción equiproporcional posible de todos los inputs que puede lograrse para una dotación determinada de outputs. Donde si este coeficiente era igual a uno (o 100 por cien) la unidad era técnicamente eficiente, dado que no resultaba factible reducir proporcionalmente los inputs si se buscaba continuar produciendo la misma cantidad de outputs. Y si el coeficiente era menor que uno entonces el valor indicaba la proporción en que podría reducirse la utilización de los inputs. Una diferencia con la medida de Koopmans, es el margen que tiene el productor eficiente porque todavía puede reducir la cantidad utilizada de ciertos inputs (o aumentar algún output) aunque no sea de manera proporcional, dando cabida a las denominadas holguras⁸.

Para observar las diferencias existentes entre la medida de eficiencia de Debreu y Farrell y el concepto de Koopmans, nos apoyamos en los siguientes gráficos que permiten ilustrar la medida de la eficiencia técnica con sus dos posibles orientaciones: i) minimización de inputs y ii) maximización de outputs.

⁸ En Coelli, Rao y Battese (1998) se detallan las diferentes opciones para tratar específicamente las holguras.

Gráfico 1.1. Medidas de eficiencia técnica con Orientación al input

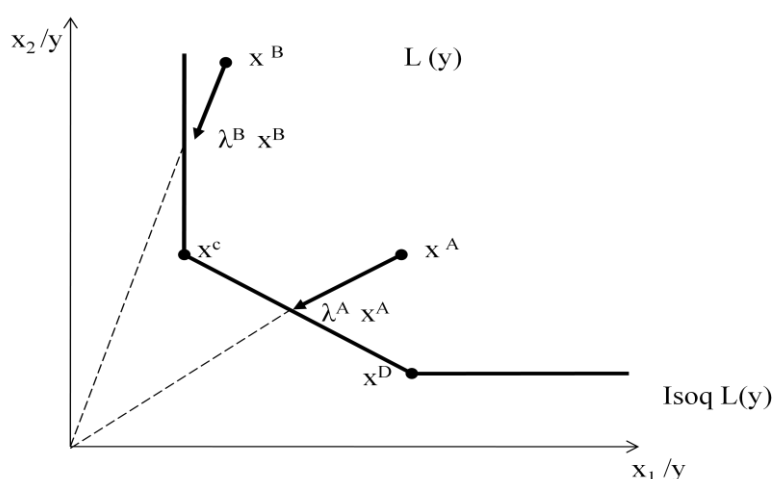
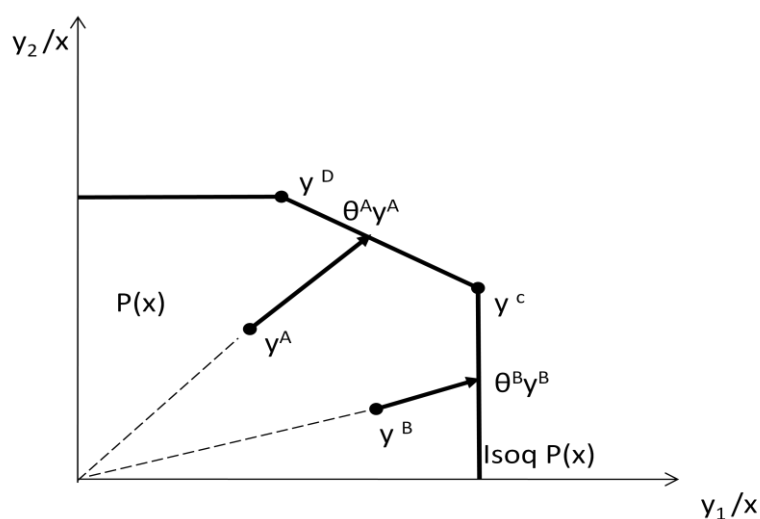


Gráfico 1.2. Medidas de la eficiencia técnica con Orientación al output



Fuente: Lovell (1993, p. 12)

De acuerdo a la medida de eficiencia de Debreu y Farrell son considerados como eficientes aquellos productores que se ubican sobre las isocuantas $L(y)$ o $P(x)$. Mientras que según la definición de Koopmans se considera a una unidad eficiente si está sobre la isocuanta y además si forma parte del subconjunto de eficiente.

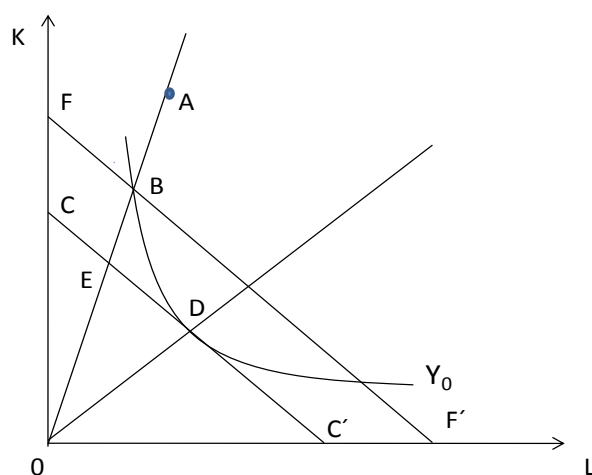
Así, en el gráfico 1.3 podemos observar tanto productores eficientes (punto C y D) como ineficientes (A y B), según las dos definiciones de eficiencia. No obstante, si nos fijamos en las proyecciones sobre la isocuanta, la del punto A es eficiente según los dos criterios, mientras que la del punto B cae sobre la frontera pero está fuera del

subconjunto eficiente por tanto no es eficiente en sentido de Koopmans pero si según la medida de Debreu-Farrell.

El trabajo seminal de Farrell (1957), además de definir el concepto de eficiencia técnica, también desarrolló un mecanismo basado en la utilización de ratios que permitía calcular índices de eficiencia para cada unidad productiva, distinguiendo entre sus dos componentes: técnico y asignativo.

En el siguiente gráfico, se esquematiza la propuesta de Farrell. Donde se recoge la situación de una planta productiva que para producir una unidad de output (Y) utiliza la combinación de dos factores, trabajo (L) y capital (K), representada por el punto A: $Y = f(L, K)$. Dado que la función de producción es conocida y asumiendo rendimientos constantes a escala⁹, la curva Y_0 es denominada por Farrell como isocuanta unitaria, y que representa las cantidades mínimas de cada factor productivo necesarias para producir una unidad del producto.

Gráfico 1.3. Eficiencia Técnica y Eficiencia Asignativa



Fuente: Albi *et al.* (2000, p. 244).

Así, dada la situación descrita en el gráfico anterior podemos deducir que la unidad productiva A no es técnicamente eficiente en sentido de Farrell, ya que la curva

⁹ Al suponer rendimientos constantes a escala se asume que cualquier incremento en los inputs utilizados se traduce en un incremento proporcional equivalente de los outputs.

Y_0 indica que el output producido por A podría ser obtenido utilizando una cantidad inferior de factores (OB/OA) sin alterar la combinación de los mismos.

La proporción OB/OA es definida por Farrell como el índice de eficiencia técnica de la entidad A. Donde dicho índice tomará el valor de 1 si la unidad productiva es técnicamente eficiente y valores más próximos a cero cuanto más ineficiente sea la entidad evaluada.

En relación a la medida de la eficiencia asignativa, bajo el supuesto de que los precios de los factores (inputs) son conocidos y están representados por la pendiente de puntos CC', resulta el punto D que es aquel en el que se minimiza el coste. Tanto B como D son eficientes técnicamente por estar situados sobre la isocuanta, pero los costes de producción en D son inferiores (representados por la proporción OE/OB) a los costes de producción en B. El cociente OE/OB es denominado por Farrell como la eficiencia asignativa de B, mide la relación entre el coste mínimo y el coste en el que se está incurriendo, y toma valores entre 0 y 1, también se puede decir que representa la reducción necesaria que debe producirse en los costes de producción por la entidad para alcanzar el punto D, en el que los costes son mínimos. Por tanto se observa que B es ineficiente en sentido asignativo, mientras que D es eficiente en el sentido técnico y asignativo.

Por otro lado, se tiene el punto A donde la entidad evaluada manifiesta ineficiencia técnica y asignativamente. La ineficiencia técnica de la entidad A es $1 - (OB/OA)$, y mide la máxima reducción de inputs que permite producir el mismo output. Donde su eficiencia técnica es la proporción (OB/OA), su eficiencia asignativa es la ratio (OE/OB) y el producto de ambas define la medida de su eficiencia global.

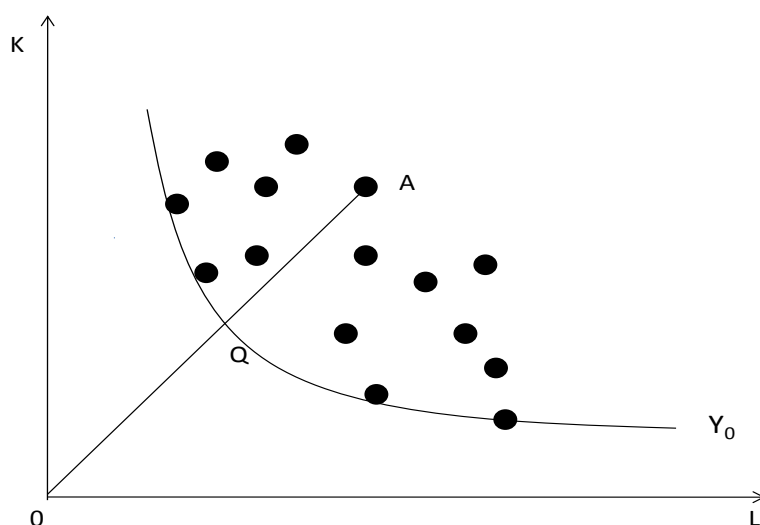
$$\text{Eficiencia Global (OE/OA)} = E. \text{ Técnica (OB/OA)} * E. \text{ Asignativa (OE/OB)}$$

El análisis realizado a partir del gráfico 1.3. parte del conocimiento de la función de producción, representada por medio de la isocuanta Y_0 , la cual constituye el punto de referencia para la estimación de la eficiencia. Sin embargo, en las situaciones reales no se suele conocer las relaciones técnicas entre las variables, lo cual complica la medición operativa de la eficiencia. Este problema es abordado también en el trabajo seminal de Farrell, donde propone un método de estimación de la isocuanta eficiente a partir de las

entidades valoradas. Es justamente la estimación de lo que él denomina una *frontera de producción empírica* lo que ha tenido una extraordinaria repercusión en la literatura aplicada posterior sobre la medición de la eficiencia.

En el gráfico 1.4 se representan, mediante puntos, las combinaciones de factores de producción (inputs: L y K) utilizadas por distintas unidades productivas para obtener una unidad de outputs.

Gráfico 1.4. La medición empírica del concepto de eficiencia



Farrell impone dos condiciones a la isocuanta que va a estimar: 1) que sea convexa al origen y; 2) que no tenga pendiente positiva en algún punto. La primera, normalmente planteada en teoría microeconómica, se traduce en que si dos puntos se pueden alcanzar en la práctica, entonces también se podrá obtener cualquier otro punto que sea una combinación ponderada de aquellos. La segunda, por su parte, es necesaria para asegurar que el aumento de los factores productivos utilizados no involucrará nunca una disminución en la cantidad de producto.

A partir de estas condiciones es fácil deducir que la isocuanta eficiente está representada por la curva Y_0 , es decir, por el conjunto de puntos más próximo al origen que puedan ser unidos a través de una curva convexa que no muestre pendiente positiva en ningún punto. Una vez determinada la isocuanta eficiente, el proceso para medir la eficiencia de cualquier entidad es el mismo que se abordó en el gráfico anterior. Como antes fue destacado, se trata de comparar cada entidad que no forma parte de la frontera

con otra entidad eficiente que utilice los factores productivos en la misma proporción (esto es, que se encuentre en el mismo radio vector desde el origen).

Así, en el gráfico 1.4, la eficiencia del punto A se mide comparando los factores productivos que utiliza con los que opera la unidad ficticia Q. De este modo, la frontera eficiente propuesta por Farrell está conformada por las entidades productivas reales que utilizan las cantidades mínimas de factores por unidad de output, en comparación con el resto, y por un conjunto de entidades hipotéticas que representan una media ponderada de las unidades reales que delimitan el tramo que las define. La esencia de la propuesta de Farrell radica precisamente en la construcción de esas unidades hipotéticas y no en la representación de la isocuanta.

El trabajo de Farrell contiene dos grandes aportaciones: a) el desarrollo de un método para calcular empíricamente los índices de eficiencia, y b) separa los componentes técnico y asignativo de la eficiencia, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala.

1.3. La medición empírica de la eficiencia

Las metodologías para la medición de la eficiencia habitualmente pueden clasificarse en dos grandes grupos, por un lado, en las técnicas paramétricas (que no utilizan función de producción frontera), y por otro, en las técnicas no paramétricas (que si usan análisis de frontera).

En la presente investigación hemos adoptado la metodología tipo frontera para evaluar la eficiencia. Por tanto, enseguida se define el concepto de función frontera y se abordan las características principales de los diferentes enfoques aplicados al cálculo de la misma.

La introducción de la noción de frontera permite una reconciliación del análisis empírico de la producción con la teoría económica, dado que las funciones de producción, coste y beneficio son funciones tipo frontera. La función de producción frontera suele interpretarse como la relación técnica que define el máximo nivel de output que puede obtenerse dados unos inputs y una tecnología. Al considerarse la función frontera como el límite máximo de producción se utiliza como referencia para

la estimación de la ineficiencia del resto de entidades valoradas. De esta forma, las desviaciones de las entidades con respecto a su frontera pueden utilizarse como indicadores de ineficiencia (Álvarez Pinilla, 2001). Sin embargo, dicha frontera no es observable en la práctica, por lo que su estimación se realiza a partir de las mejores prácticas observadas de entre todas las entidades evaluadas.

La estimación previa de la frontera de referencia es necesaria para el cálculo de los índices de eficiencia. Existen dos grandes aproximaciones a la medición empírica de las fronteras: la paramétrica y la no paramétrica¹⁰, las cuales se describen a continuación.

1.3.1. Aproximaciones paramétricas

Este tipo de aproximaciones basa su estimación de parámetros mediante programación matemática o métodos de regresión, y de esta manera se especifica una forma funcional concreta para la frontera de producción. Este enfoque se resume en lo que se conoce como la estimación de fronteras estocásticas (FE).

La eficiencia se calcula con relación a la función de producción estimada, que resulta distinta según la forma funcional determinada *a priori*¹¹. En principio, estos modelos admiten la posibilidad de que existan observaciones que se ubiquen por arriba de la frontera eficiente, algo que no contempla el concepto de frontera. Por tanto, el problema del análisis empírico consiste en indagar la cuantía del desplazamiento hacia arriba de la estimación media para alcanzar la frontera productiva.

En la estimación por medio de Mínimos Cuadrados Corregidos la frontera se determina por la media de los comportamientos, que posteriormente puede elevarse por distintas vías hacia los puntos extremos. Mientras que, en los modelos que utilizan la

¹⁰ Para una extensa revisión de los trabajos sobre evaluación de eficiencia en el ámbito educativo puede recurrirse a Worthington (2001).

¹¹ Normalmente, en los trabajos aplicados la función de producción suele representarse por una función Cobb-Douglas o Translog.

Función Cobb-Douglas: $\ln y_i = \beta_0 + \sum_i \beta_i \ln x_i + \varepsilon$

Función Translog: $\ln y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln(x_{ni}) + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N \beta_{mn} \ln(x_{mi}) \ln(x_{ni})$

optimización mediante funciones de verosimilitud se fuerza a que todos los errores sean positivos, lo que permite obtener directamente la frontera al efectuar la estimación.

Dentro de los modelos que adoptan ésta aproximación paramétrica se puede hacer otra distinción en función de que tengan un carácter determinista o estocástico. La función de producción frontera determinística atribuyen toda la desviación de las unidades productivas respecto de su frontera a la ineficiencia técnica, y su función puede definirse como $Y = f(x) - u$, donde u es una perturbación aleatoria ≥ 0 que mide la distancia de cada entidad a la frontera de producción¹², para lo que se impone una forma particular de su distribución. Este tipo de fronteras determinísticas desconocen totalmente la naturaleza estocástica de la producción, es decir, ignoran que las entidades pueden verse afectadas por eventos externos, los cuales inciden de distinta manera sobre todas las unidades evaluadas.

Y por su parte, las fronteras estocásticas asumen que la desviación de la frontera se debe a *shocks* exógenos (eventos que no son controlables por las unidades evaluadas). Y la función de producción puede definirse como: $Y = f(x) + \varepsilon$, donde $\varepsilon = v - u$, donde v es el componente aleatorio, que representa eventos fuera de control de la entidad y u es el término de error, no negativo, que recoge la distancia de cada unidad valorada a su frontera estocástica, y representa una medida de su ineficiencia técnica¹³.

Entre las principales críticas de este tipo de modelos destacan que los resultados obtenidos están altamente condicionados por los supuestos asumidos según la forma funcional especificada y la distribución del error.

En cuanto a sus características positivas destaca la incorporación al análisis de posibles factores explicativos de las desviaciones respecto a la frontera al margen de la propia ineficiencia de los productores, la posibilidad de realizar pruebas estadísticas previas que permitan la selección de variables explicativas y la menor influencia de las entidades extremas, al utilizarse las medias de los mejores comportamientos como punto de referencia para desplazar hacia arriba la frontera.

¹² El trabajo pionero de Farrell (1957) es de este tipo de frontera.

¹³ Para consultar las diferentes extensiones de este tipo de frontera puede acudir a Battese y Coelli (1995).

1.3.2. Aproximaciones no paramétricas

Este tipo de metodologías no establecen *a priori* ninguna forma funcional para la función de producción sino que dejan que sean las observaciones las que determinen esta forma funcional. La técnica que utiliza esta metodología para estimar la frontera es la programación matemática.

Dentro de las ventajas se consideran: a) la flexibilidad que implica esta estructura porque supone accesibilidad a procesos productivos cuya modelización sea muy compleja; b) el carácter multidimensional de los inputs y outputs en ambas actividades, docencia e investigación en el campo de la educación superior, que es asumida sin dificultad; c) el problema de la ausencia de precios en ciertos servicios públicos, que es resuelto por el Análisis Envolvente de Datos (DEA)¹⁴ de forma endógena, fijando de forma objetiva los valores óptimos que para cada unidad evaluada al maximizar su eficiencia productiva relativa, y; d) por último, la riqueza de los resultados los cuales pueden constituirse en una base de gran interés en la puesta en marcha de estrategias en la mejora de la gestión de las unidades ineficientes.

Por otro lado, estos métodos presentan ciertas limitaciones¹⁵, la más significativa es su carácter determinista, es decir, que cualquier desviación de la frontera se atribuye a un comportamiento ineficiente por parte de los productores, lo que dificulta su utilización en aquellos casos en los que se detecten errores de medida o existan puntos extremos (*outliers*). Así también, su carácter no paramétrico hace que las variables incluidas en el análisis no tengan propiedades estadísticas por lo cual la contrastación de hipótesis resulte imposible.

Dentro de los métodos de programación el que ha destacado por su amplia difusión es el Análisis Envolvente de Datos (DEA). El Free Disposal Hull (FDH) es otro método que coincide con el DEA porque asumen que existe libre disponibilidad de inputs y outputs y que el conjunto de referencia pueda estar integrado por todo el

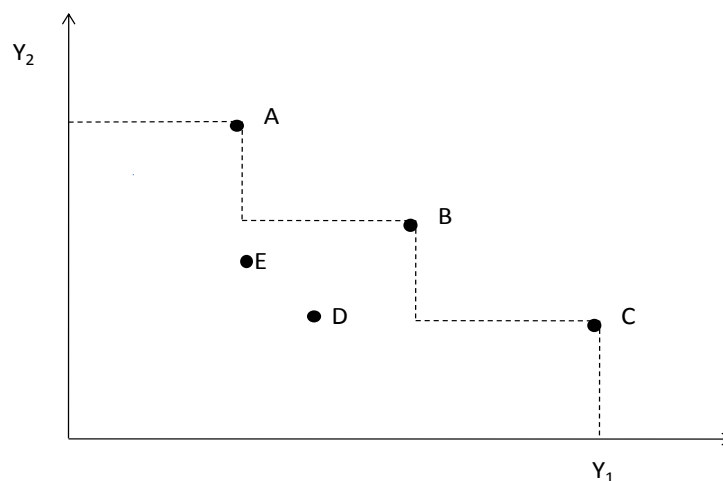
¹⁴ Estas siglas corresponden a la denominación en inglés, *Data Envelopment Analysis*.

¹⁵ Por tanto, las limitaciones de un enfoque coinciden con las fortalezas del otro y viceversa. Como señala Lovell (1993), “*lo deseable sería convertir los modelos de programación lineal en estocásticos o hacer que los modelos econométricos fueran más flexibles en su estructura paramétrica*”.

conjunto de observaciones reales consideradas en el estudio, sin embargo se diferencian en el supuesto de convexidad.

La metodología FDH basa sus estimaciones de la frontera de referencia en únicamente las actuaciones de las unidades productivas realmente observadas, a diferencia de la técnica DEA que se basa en las unidades hipotéticas construidas a partir de combinaciones lineales entre unidades que se consideren eficientes, como fue abordado por Farrell (1957). Por tanto, la frontera FDH se ilustra en forma escalonada al no observar convexidad (gráfico 1.5). Por el contrario, el DEA refleja una forma convexa en la frontera de producción de referencia, siendo originado por la incorporación de las combinaciones lineales entre unidades eficientes al construir la frontera.

Gráfico 1.5. Representación gráfica del *Free Disposal Hull* (FDH)



Dado que el Análisis Envolvente de Datos es la técnica base que utilizaremos en el análisis empírico para evaluar la eficiencia, hemos optado por dedicar un epígrafe específico dentro de este capítulo para poder analizar con detalle su formulación y algunas de sus principales extensiones.

1.4. El Análisis Envolvente de Datos (DEA)

Esta técnica tiene su origen en el artículo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978)¹⁶, y su base está en la noción de eficiencia relativa introducida por Farrell en 1957. El Análisis Envolvente de Datos, es un procedimiento no paramétrico y determinístico que utiliza técnicas de programación lineal, para evaluar la eficiencia relativa de un conjunto de unidades homogéneas. Las unidades que se comparan han de ser homogéneas, es decir, han de producir los mismos outputs a partir de unos inputs comunes y han de tener los mismos objetivos globales.

El criterio que emplea esta técnica para identificar la frontera de producción consiste en obtener una envolvente que considere todas aquellas unidades eficientes, y el conjunto de unidades hipotéticas construidas a partir de estas aplicando el supuesto de convexidad¹⁷, para lo cual propone resolver un algoritmo de programación lineal. La frontera resultante se considera factible y eficiente, quedando el resto de unidades (ineficientes) por debajo de la misma. Dicha envolvente se identifica con la figura de la frontera eficiente, de manera que la distancia de las unidades ineficientes a la envolvente proporciona una medida de su nivel de ineficiencia. En consecuencia, la medida de eficiencia obtenida mediante esta técnica es relativa, dado que a cada unidad se le compara con aquellas que operan con un valor similar de inputs y outputs, con el objetivo de determinar su situación en la envolvente (si resulta eficiente) o identificar sus unidades de referencia de cara a una mejora posterior de sus resultados (en el caso de resultar ineficiente).

Este modelo en su versión inicial más básica la eficiencia de la unidad que se trata de evaluar se define como la ratio de la suma ponderada de outputs con respecto a la suma ponderada de inputs. Y desde su formulación, el DEA plantea un problema de programación matemática para cada unidad evaluada o DMU¹⁸, donde la resolución

¹⁶ Este modelo es denominado en la literatura como Modelo CCR por las iniciales de sus autores.

¹⁷ El postulado de convexidad hace mención a que si dos combinaciones *input-output* son realizables en la práctica, también lo será cualquier combinación intermedia entre ambas.

¹⁸ Estas siglas significan “*Decision Making Unit*”, término utilizado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) para referirse a los productores evaluados. Cooper *et al.* (2004) utilizan el término DMU para referirse a cualquier entidad que está evaluada en términos de sus habilidades para convertir inputs en outputs.

permite asignarle un índice de eficiencia. La formulación estándar de este programa puede adoptar distintas formas en función de la orientación que se elija bien a la reducción de inputs o al incremento de outputs, o se presente como un programa fraccional, lineal o dual. No obstante, todas estas formas coinciden en el mismo enfoque donde la eficiencia está en función de la capacidad de cada productor para lograr mejores resultados o reducir la cantidad utilizada de recursos, estando sujeto a unas restricciones que manifiestan la actividad del resto de productores.

La manera más intuitiva de aproximarse a la idea que subyace en esta técnica es por medio de su programa fraccional, en el que se plantea un problema de maximización o minimización (según la orientación) de una ratio de productividad total para cada unidad valorada¹⁹:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } h_o &= \frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0}} \\
 \text{Sujeto a: } &\frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij}} \leq 1 \\
 &u_r, v_i \geq 0; \\
 &j=1,2,\dots,n \quad r=1,2,\dots,s \quad i=1,2,\dots,m
 \end{aligned}$$

Donde la unidad en estudio se denota por el subíndice 0; y_{rj} y x_{ij} reflejan las cantidades (conocidas) de output r y de input i de la entidad j ; por último, u_r y v_i reflejan, respectivamente, las ponderaciones (desconocidas) atribuidas al output r y al input i correspondientes a la unidad cuya eficiencia se pretende estimar. Mediante la resolución del modelo matemático antes planteado, se obtendrán los valores de las variables u_r y v_i y, a su vez, el índice de eficiencia (h_o) asignado a la entidad evaluada.

¹⁹ Hemos presentado el modelo DEA únicamente con la formulación orientada a la maximización del output, en respuesta a que es la orientación que se utiliza posteriormente en el análisis empírico. La orientación hacia el input, análoga a la que aquí se presenta, puede consultarse en los diversos manuales sobre la metodología DEA (Charnes *et al.* (1994), Cooper *et al.* (2000), entre otros).

Repitiendo el proceso para cada una de las j unidades en estudio, se conseguirá un índice de eficiencia para cada una de ellas.

La medida de eficiencia se obtiene mediante la resolución de un problema de optimización matemática condicionada, cuyas variables son, los pesos a asignar a los inputs utilizados por la entidad y a los outputs que ésta ha producido. El cálculo de estos pesos permite disminuir los distintos niveles de output (input) a un único escalar denominado output virtual (input virtual), que se traduce como el resultado de la agregación de los diferentes outputs (inputs) producidos (utilizados) por una entidad a través de la aplicación de los pesos logrados en el problema fraccional. Dado estos conceptos, la eficiencia de una entidad se define como el cociente entre su output virtual y su input virtual.

El primer modelo planteado es el problema fraccional, y dada la existencia de dificultades para encontrar soluciones a este tipo de problemas los creadores de dicha técnica realizan la conversión del modelo en un problema equivalente de programación lineal con propiedades más tratables. Para resolver dicho modelo se requiere de una transformación en algún modelo lineal operativo. Así surgen las versiones lineales del modelo CCR, cuyas virtualidades rebasan la propia conveniencia del cálculo.

Esta transformación del problema fraccional en uno lineal puede realizarse de dos formas distintas, lo que conduce a dos modelos diferentes de programación lineal ordinaria. Estos modelos matemáticos se corresponden, respectivamente, con las dos orientaciones posibles a la hora de medir la eficiencia de una entidad: a) la eficiencia en términos de input, que implica analizar en qué medida la entidad puede producir la misma cantidad reduciendo los inputs; y b) la eficiencia en términos de output, que mide si la entidad puede incrementar su producción manteniendo los mismos inputs. Por definición, la relación entre la función objetivo de ambos modelos y la del modelo fraccional es la siguiente: $z_0^* = h_0^*$; y $g_0^* = 1/h_0^*$

Estos modelos se conocen como problemas multiplicativos y se presentan a continuación:

Cuadro 1.1. Versiones multiplicativas del modelo CCR

Modelo CCR (input oriented)	Modelo CCR (output oriented)
$\max z = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$	$\min g_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$
$s.a. \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$	$s.a. \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0$
$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$	$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1$
$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0$	$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0$

Fuente: Cooper, Seiford y Zhu (2004, p.13)

Ambos modelos son problemas de programación lineal ordinaria, y que fácilmente pueden resolverse empleando algún algoritmo como el método SIMPLEX²⁰, lo cierto es que en su mayoría de veces se trabaja con sus problemas duales. Las razones que sustentan esta elección son: 1) la resolución de los problemas duales es más sencilla, dado que presentan menos restricciones que sus primales; 2) este tipo de problemas reflejan mayor significatividad en la interpretación de la eficiencia, dado que su formulación manifiesta de forma integra la lógica de medición del DEA y su estrecha relación con el planteamiento de Farrell; 3) los problemas duales proporcionan información fundamental en la implantación de estrategias de mejora para las unidades ineficientes, convirtiéndose en instrumentos de primera mano para la mejora de la gestión y; 4) cabe resaltar que es la estructura de los problemas duales la que da sentido a la denominación del método de medición.

Por estas razones, a continuación se hace énfasis en los problemas duales y dentro de ellos, dada la simetría interpretativa entre ambos, se aborda el dual de la versión multiplicativa con orientación output del modelo CCR. Este problema se denomina como versión envolvente con orientación output del modelo CCR y su planteamiento matemático es el siguiente:

²⁰ Es una herramienta de programación lineal, este método constituye una forma sistemática y de búsqueda intensiva a través de todas las posibles soluciones para obtener una solución óptima.

MODELO CCR (versión envolvente con orientación output)

$$\text{Max } \eta_0 + \left(\sum_{i=1}^m S_i^+ + \sum_{r=1}^s S_r^- \right)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^+ = x_{i0} ; i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^- = \eta_0 y_{r0} ; r=1,2,\dots,s$$

$$\lambda_j \geq 0 ; S_i^+ \geq 0 ; S_r^- \geq 0$$

Donde: x_{ij} e y_{rj} representan respectivamente, la cantidad de recurso i-ésimo y producto r-ésimo correspondiente a la unidad j ($j=0,1,2,\dots,n$); λ_j y η_0 son las variables del modelo, y como se comprobará, son los parámetros a partir de los que se construye el denominado grupo de referencia de la entidad objeto de evaluación; S_i^+ y S_r^- reflejan las variables de holgura²¹ de cada una de las $m + s$ restricciones del modelo; η_0 representa la tasa de eficiencia de la unidad cuya eficiencia se está estimando y ϵ representa un infinitesimal. En este caso, un productor es relativamente eficiente si y sólo si su índice de eficiencia es igual a la unidad y además todas las holguras son cero.

Dentro de las virtudes de este modelo dual, se tiene que es más operativo que su correspondiente primal, gracias a que contiene tantas restricciones ($m + s$) como inputs y outputs y que se consideran en la estimación de la eficiencia, siendo necesario para lograr una mínima discriminación, que la suma sea menor que el total de unidades objeto de valoración (n), las cuales determinan el número de restricciones del modelo primal²². Otra de las virtudes consiste en que la formulación del modelo constituye la expresión matemática de la lógica de la medición de la eficiencia en que se apoyan los métodos de análisis no paramétricos. La formulación matemática de la versión envolvente refleja una buena adecuación a la noción de la eficiencia técnica de Farrell en

²¹ Las variables de holgura o *slacks* reflejan las posibilidades de reducir de manera adicional en los inputs o bien en los incrementos potenciales en los outputs de cada productor en el caso de ser eficiente.

²² Esta propiedad de que $n \geq m+s$ es establecida por Banker, Charnes y otros (1989), para garantizar que el método envolvente sea discriminatorio.

términos de output, en virtud de la cual, una unidad se considera eficiente cuando ningún otro se revela capaz de producir más empleando menos inputs.

De forma precisa, se tiene que cada una de las m primeras restricciones indica que cada input de la DMU_0 (x_{i0}) ha sido comparado con el utilizado por una entidad ficticia configurada como combinación lineal convexa del resto de unidades en estudio ($\sum \lambda_j x_{ij}$). En lo referente a las s restricciones garantizan que la comparación se establecerá con aquéllas que además produzcan al menos lo mismo que ella (y_{r0}). Estos niveles de input y output de referencia se generan como combinaciones lineales de los utilizados por el resto de unidades en estudio (x_{ij} e y_{rj}), siendo los parámetros de la combinación las variables desconocidas λ_j . Dadas estas comparaciones una entidad es eficiente cuando $\eta_0 = 1$ y las restricciones se cumplen con igualdad, ya que es el único caso en que se demuestra que no existe ninguna otra forma posible de producir más con los recursos disponibles.

En definitiva, la versión envolvente con orientación output del modelo CCR busca los valores de λ_j que permiten la construcción de una DMU ficticia con la que comparar el rendimiento de cada una de las entidades en estudio. Aquellas unidades j para las que $\lambda_j > 0$ integran el denominado grupo de referencia de la unidad que se evalúa y son, las DMU eficientes cuya actividad productiva es más parecida a esta última²³. Así, todos los $\lambda_j > 0$ dan lugar a una unidad hipotética con unos inputs y outputs ($\sum \lambda_j x_{ij}$, $\sum \lambda_j y_{rj}$), que es perfectamente eficiente y que domina a la DMU_0 .

La resolución del modelo matemático antes esbozado menciona que una unidad productiva será considerada eficiente siempre y cuando, se hayan analizado todos los casos posibles en los que esta unidad productiva puede ser ineficiente y se ha comprobado que esto no es así.

La realización de este modelo exige la construcción de n modelos (uno para cada una de las unidades a evaluar), donde la única diferencia está en los valores x_{i0} y y_{r0} .

²³ Se debe tener presente que cada variable del modelo envolvente se corresponde con una restricción del problema multiplicativo especificado en el cuadro 1.1.

Cabe mencionar que la descripción efectuada del modelo envolvente con orientación output, es análogo al modelo con orientación input, con la salvedad de que en este caso los ajustes hacen referencia a reducciones equiproporcionales de los inputs. En esta versión las comparaciones se realizan entre unidades que pueden producir lo mismo empleando menos recursos. La elección del modelo estará sujeta al propósito del tema de investigación, en nuestro caso hemos optado por el modelo con orientación output.

De la aplicación del modelo DEA se observan en los resultados: el índice de eficiencia, que muestra el porcentaje de incremento de outputs (o reducción de inputs) necesario para que la unidad evaluada logre la eficiencia, también permite observar las holguras. Otro producto del análisis son las DMUs que se toman como punto de referencia, y los coeficientes que representan la importancia de cada índice en la determinación de la eficiencia. Destacando el índice de eficiencia, se afirma que cuando es unitario es una condición necesaria, pero no suficiente para alcanzar la eficiencia técnica, puesto que también es una exigencia que las variables de holgura sean nulas. Una ratio de eficiencia unitaria implica que la unidad de producción se ubica sobre la frontera de producción. Si, además, las variables holgura son nulas, entonces dicha unidad se sitúa en el subconjunto eficiente de la frontera de posibilidades de producción.

Una vez que se ha identificado la frontera de referencia, la estimación de la eficiencia de las DMUs que están fuera de dicha frontera se obtiene analizando la desviación con respecto a ésta relación óptima, comparando cada DMU no eficiente con aquella DMU que está en la frontera y que emplea los factores productivos en la misma proporción, o bien produce una combinación similar de outputs, es decir, con aquél que trabaja con una misma tecnología de producción.

1.4.1. El modelo CCR y algunas de sus extensiones

En este epígrafe se abordan las extensiones del modelo CCR original, esto se refiere a la relajación de los supuestos implícitos iniciales mediante la alteración o adición de ciertas restricciones al modelo básico en sus versiones envolventes o, simétricamente, cambiando las variables de este modelo en sus versiones multiplicativas. Dichas extensiones permiten una mejor adaptación de la técnica a la realidad estudiada y con ello incrementar la precisión en la medida de la eficiencia.

En este subepígrafe se revisan algunas de las extensiones que resultan de gran interés para obtener una medida apropiada del nivel de eficiencia para un conjunto de unidades productivas en el contexto específico en el que se desenvuelve la aplicación empírica de la presente tesis doctoral (educación universitaria).

Por tanto, a continuación se presenta un repaso selectivo e interesado de algunas de las extensiones²⁴ que se encuentran en la literatura en relación a las siguientes cuestiones:

1.4.1.1. El modelo BCC (los rendimientos de escala en la tecnología de producción)

El modelo DEA original incluye el supuesto de rendimientos a escala constantes que resulta bastante restrictivo sobre la tecnología de la producción en su mayoría de aplicaciones. Al considerar este supuesto se está obviando la influencia que la escala concreta en que opera una entidad puede tener sobre su frontera de posibilidades de producción.

Este supuesto es tratado por primera vez por Banker, Charnes y Cooper (1984), quienes proponen incorporar una nueva restricción en el programa que permite

²⁴ Existen otras extensiones que no hemos abordado en este repaso como: las relacionadas con los inputs y outputs no controlables (discrecionales o ambientales), presencia de variables categóricas, análisis de las propiedades estadísticas de los rankings mediante métodos *bootstrap* (véase Martín, 2005), establecimiento de restricciones sobre las ponderaciones y el modelo DEA multiactividad -producción simultánea y uso compartido de los inputs- (véase Gómez Sancho, 2005).

rendimientos variables a escala en la producción para relajar dicho supuesto. Por tanto, se tiene un nuevo estimador denominado BCC²⁵, y se define como:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

La formulación del modelo BCC, hace referencia a una situación de rendimientos variables a escala y su formulación matemática, en la versión envolvente con orientación output aparece esquematizada a continuación:

MODELO BCC (versión envolvente con orientación output)

$$\text{Max } \phi_0 + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^+ + \sum_{r=1}^s S_r^- \right)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^+ = x_{i0}; i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^- = \phi_0 y_{r0}; r=1,2,\dots,s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0; S_i^+ \geq 0; S_r^- \geq 0$$

Destacando que la única diferencia que guarda con el modelo CCR es que los multiplicadores (λ_j), a partir de los que se construyen los puntos de referencia, están restringidos a que su suma sea igual a 1, lo cual tiene un efecto inmediato sobre la pendiente y la posición de la frontera de referencia implícitamente estimada. Ciertamente, la modificación de la frontera de referencia altera las medidas de eficiencia técnica.

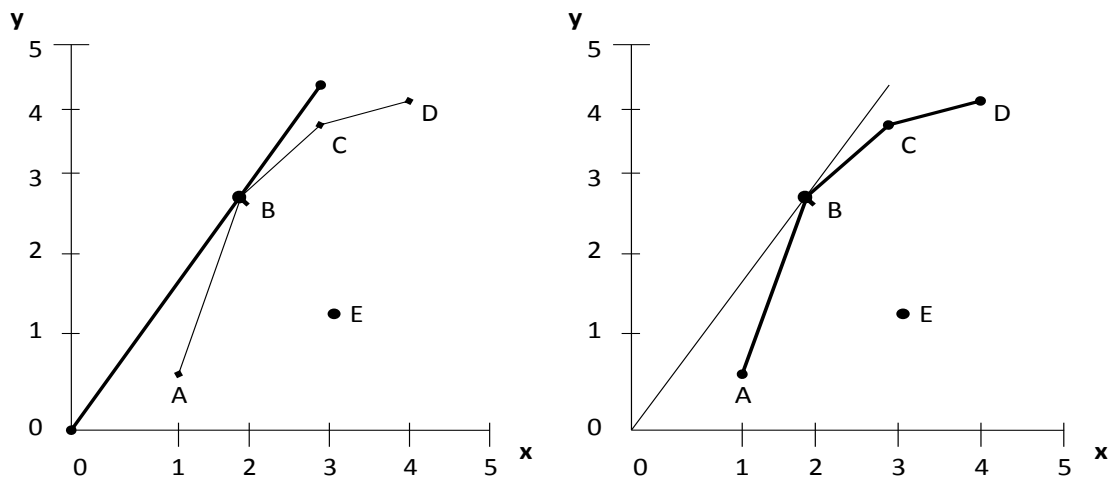
Con apoyo de análisis gráfico puede apreciarse el efecto que tiene esta modificación del modelo original sobre la construcción de la frontera de eficiencia. En los siguientes gráficos se representa el caso más sencillo donde un proceso de

²⁵ Este modelo es conocido en la literatura como modelo BCC por las iniciales de sus autores.

producción utiliza un único input para producir un solo output. En la opción 1) donde se presenta el modelo CCR, la frontera se representa por un radio vector que parte del origen y pasa por la única unidad determinada eficiente con rendimientos constantes a escala (B), la de mayor ratio output/input, ubicándose por debajo de las demás unidades (A, C, D y E), que dentro de este esquema se consideran ineficientes. Mientras que en el modelo BCC (opción 2), donde se asumen rendimientos variables a escala la frontera se construye mediante combinaciones lineales convexas de las unidades con mejores prácticas, independientemente de que éstos presenten rendimientos constantes, decrecientes o crecientes a escala. De esta manera, se obtiene una nueva frontera lineal por tramos formada por los puntos A, B, C y D, donde sólo B se coloca en la escala óptima, mientras que C y D se ubican en una escala superior y A en una inferior. Y la unidad E se vuelve ineficiente en ambos modelos.

Gráfico 1.6. Modelos envolventes

1) Rendimientos constantes a escala (CCR) 2) Rendimientos variables a escala (BCC)



Fuente: Zhu (2009, p. 11)

En la aplicación del modelo BCC, los resultados de eficiencia miden exclusivamente la eficiencia técnica pura en una escala dada de operaciones. La medida de eficiencia estimada con rendimientos constantes a escala es siempre menor o igual que la medida de eficiencia que se estima con rendimientos variables a escala (Grosskopf, 1986). Como consecuencia, todas las unidades clasificadas eficientes en el modelo CCR también lo son en el modelo BCC, pero no se cumple lo contrario.

La utilización del modelo BCC presenta dos ventajas adicionales. En primer lugar, se tiene garantizado que las comparaciones se van a establecer entre unidades homogéneas en lo referente a la escala de operación y no en relación a extrapolaciones de entidades que operan a distinta escala. En segundo lugar, una vez resuelto el modelo BCC y contar con las estimaciones de la eficiencia técnica pura, se puede observar la eficiencia agregada lo que capacita para conocer las ineficiencias debidas a la escala actual de la operación respecto a la escala óptima. Retomando a Banker, Charnes y Cooper (1984), se tiene que la eficiencia de escala se obtiene del cociente entre la tasa de eficiencia resultante del modelo CCR y la obtenida del modelo BCC.

La elección entre ambos modelos estará en función del contexto y los objetivos del análisis, aunque en la evaluación de unidades gestoras de recursos suele ser más frecuente la utilización del modelo BCC, pues la heterogeneidad que identifica a este tipo de productores suele conducir al empleo de diferentes escalas de producción.

En nuestro caso, hemos optado por el modelo DEA con rendimientos variables a escala para evaluar la eficiencia de las unidades productivas (Universidades Públicas Presenciales españolas).

Dadas las características de la metodología DEA podemos concluir que se trata de una opción muy atractiva para su utilización en el sector público, debido a que permite incorporar fácilmente varios outputs en la evaluación de la eficiencia y, además, es una técnica muy flexible que emplea un mecanismo de optimización individualizada para cada unidad, a través del cual se asignan unas ponderaciones que garantizan la obtención del mejor índice global posible teniendo en cuenta la relación entre el output obtenido y los inputs empleados.

1.4.1.2. El modelo DEA y el análisis temporal de la eficiencia (índice de Malmquist)

Una de las extensiones del modelo DEA son los análisis enfocados a estudiar los cambios de eficiencia en el tiempo, y que sólo puede realizarse cuando las observaciones de DMUs están frecuentemente disponibles en múltiples periodos de tiempo. Entre las extensiones destacan el Windows Analysis y el índice de Malmquist²⁶. Donde el primero de ellos propuesto por Charnes, Clark, Cooper y Goliany (1985) permite evaluar la eficiencia de las diferentes unidades a lo largo de distintos momentos del tiempo.

En relación al segundo, el índice de productividad de Malmquist fue introducido por Caves, Christensen y Diewert (1982), utilizando sólo funciones distancia output o sólo funciones distancia input. En una orientación output, el índice de productividad se define como la ratio de un par de funciones distancia output, y si la orientación es hacia el input ese índice se define como la ratio de un par de funciones de distancia input²⁷.

Si bien la generalización de este índice no se produce hasta Färe, Grosskopf, Norris y Zhang (1994), quienes ilustran como los componentes de la función distancia pueden ser estimados utilizando la metodología DEA para entonces calcular los índices Malmquist del cambio de la Productividad Total de Factores (en adelante, PTF), y a la vez demuestran como los índices obtenidos pueden ser descompuestos en los componentes: cambio en eficiencia técnica y cambio técnico²⁸. El índice de Malmquist permite aproximar los cambios que se producen en la PTF de una determinada unidad productiva entre dos períodos t y $t+1$, calculando la ratio de las distancias de cada periodo relativo a una tecnología común (Coelli *et al.* 1998).

²⁶ Cabe mencionar que otro método para estimar las funciones distancia y medir el índice de Malmquist es la frontera estocástica. En esta tesis sólo haremos mención al método de programación lineal (DEA) sugerido por Färe *et al.* (1994).

²⁷ Caves *et al.* (1982) definen su índice sobre una tecnología que permite variar a los rendimientos de escala. Sin embargo, Grifell-Tatjé y Lovell (1995) muestran que este supuesto genera un índice que ignora la contribución de economías de escala al crecimiento de la productividad. Färe y Grosskopf (1996) probaron que si $M=N=1$, el índice de Caves *et al.* provee una medida segura del cambio de la productividad en el sentido de que iguala $(y^{t+1}/y^t) / (x^{t+1}/x^t)$ sí, solo sí, el índice es definido sobre una tecnología que exhiba rendimientos constantes a escala.

²⁸ Para mejor detalle del procedimiento para calcular el índice de cambio de productividad de Malmquist puede recurrirse a Fried *et al.* (1993).

En la presente investigación contamos con información de datos tipo panel, con lo que hemos planteado el objetivo de realizar un análisis de los cambios de eficiencia técnica a lo largo del tiempo. Y la técnica que se vuelve más adecuada para cumplir con este objetivo es el índice de Malmquist por su riqueza de información que proporciona, además es considerado como uno de los métodos más utilizados para analizar el cambio de la productividad total de factores y sus componentes a lo largo del tiempo. El cálculo del índice permite descomponer la PTF de una unidad productiva en el cambio debido a la mejora de la eficiencia técnica (y ésta a su vez en eficiencia pura y eficiencia de escala) y el debido al cambio técnico o progreso tecnológico. Por su naturaleza, para el uso de esta técnica solamente se requieren datos relativos a cantidades, y no hay necesidad de efectuar supuestos sobre la forma funcional de la función de producción.

La metodología de índices de Malmquist se basa en el cálculo de la distancia que separa a cada DMU de la tecnología de referencia en cada período utilizando para ello la función distancia. Estas funciones distancia permiten describir la tecnología de producción multi-input y multi-output sin la necesidad de especificar un objetivo del comportamiento (tanto como minimización de coste o maximización de beneficios) y que pueden definirse funciones de distancia input y funciones distancia output. Una función distancia input caracteriza la tecnología de producción observando una contracción mínima proporcional del vector de inputs, dado un vector output. Una función distancia output considera una expansión máxima proporcional del vector output, dado un vector input (Coelli *et al.* 1998).

En la presente investigación se consideran las funciones distancia orientadas al output, orientación que resulta más adecuada, ya que los objetivos de las unidades productivas se traducen en alcanzar los mayores niveles de producto posibles, dada la dotación de recursos existente, y no en lograr un producto determinado con un nivel mínimo de inputs.

Una tecnología de producción, en un período t , puede definirse utilizando el conjunto de outputs, $P^t(x)$, que representa el conjunto de todos los vectores de output y , que se pueden producir con el vector de inputs x . Es decir,

$$P^t(x) = \{y^t : (x^t, y^t) \text{ es posible}\} \quad (1)$$

Ahora bien, si suponemos que P^t satisface ciertos axiomas microeconómicamente deseables²⁹, se puede definir la función de distancia del conjunto de outputs como:

$$D^t(x^t, y^t) = \min \{\phi : (y^t / \phi) \in P^t(x)\} \leq 1 \quad (2)$$

Esta función se define como la expansión proporcional máxima del vector de outputs y^t , dado un vector de inputs x^t . La función distancia, $D^t(x^t, y^t)$, tomará valores inferiores que o igual a la unidad, si y sólo si $(x^t, y^t) \in P^t$. Además dicha función tomará el valor unitario, si y sólo si (x^t, y^t) está ubicado en la frontera del conjunto de posibilidades de producción, por tanto la unidad evaluada será técnicamente eficiente, y tomará valores mayores a la unidad si, (x^t, y^t) al ubicarse fuera de la frontera de producción.

Dado que se trata de comparar la evolución de la productividad, el índice de Malmquist requiere funciones de distancia con respecto a distintos períodos de tiempo.

Por lo que, en un período posterior $t+1$, la función de distancia se define como:

$$D^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \min \{\phi : (y^{t+1} / \phi) \in P^t(x)\} \quad (3)$$

Esta función mide el máximo cambio proporcional en los outputs necesario para que (x^{t+1}, y^{t+1}) sea factible con la tecnología del periodo t . En este caso, el valor de la función distancia puede exceder la unidad, debido a que la entidad evaluada no es posible con la tecnología de otro período.

A partir de estas funciones de distancia, el índice de productividad de Malmquist orientado al output y referido a la tecnología del período t queda definido como:

$$M_o^t(x, y) = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (4)$$

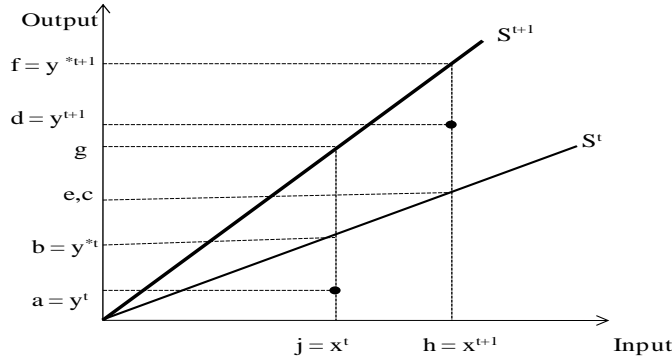
De manera análoga se define el índice de Malmquist orientado al output y referido a la tecnología del periodo $t+1$, para lo cual se deben utilizar las correspondientes funciones distancia, de modo que:

²⁹ Véase Coelli *et al.* (1998, p.47-49).

$$M_o^{t+1}(x, y) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (5)$$

Ambos índices permiten aproximar el cambio de la PTF entre los dos periodos como se puede observar en el gráfico siguiente (1.7).

Gráfico 1.7. Índice de productividad de Malmquist orientado al output



Fuente: López-Pueyo *et al.* (2008, p. 411).

Expresando el índice orientado al output y referido a la tecnología de producción en el período t (S^t), en términos geométricos se observa que coincide con el cambio del índice de productividad de Malmquist en términos de distancias verticales sobre la tecnología del período t :

$$M_o^t(x, y) = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} = \frac{\frac{od}{oc}}{\frac{oa}{ob}} = \frac{\frac{od}{oa}}{\frac{oc}{ob}} \quad (6)$$

Y de manera semejante, el índice orientado al output y referido a la tecnología S^{t+1} se define sobre la base del gráfico 1.7 en términos geométricos quedando como:

$$M_o^{t+1}(x, y) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} = \frac{\frac{od}{of}}{\frac{og}{of}} = \frac{\frac{od}{og}}{\frac{of}{of}} \quad (7)$$

Donde el valor permite aproximar el cambio de la productividad total de factores en el período $t+1$, medido éste en términos de distancias verticales sobre la tecnología S^{t+1} .

La medida que proporcionan ambos índices no tiene por qué coincidir al estar condicionada por la tecnología que se utiliza como referencia. Para solucionar este

problema, Färe *et al.* (1994) proponen aproximar el cambio de la productividad a partir de la media geométrica de ambos índices de Malmquist anteriores. Por lo tanto, el índice se calcula definitivamente como:

$$M_o(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (6)$$

Esta versión suele ser la más utilizada en los estudios aplicados. Un valor de este índice superior a la unidad es indicativo de crecimiento de la productividad entre los dos periodos (mejoras de la productividad), mientras que si toma valores inferiores a la unidad, implica un descenso de la productividad entre los dos periodos (pérdidas).

Dicho índice puede ser desagregado en dos componentes que aproximan el cambio de eficiencia técnica y el cambio técnico, Färe *et al.* (1994) demostraron esta descomposición a través de sencillas operaciones matemáticas, permitiendo una forma equivalente de expresar este índice como:

$$M_o(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} * \left[\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} = CET * CT \quad (7)$$

De la expresión anterior se deduce que el cambio total de la PTF o índice de Malmquist puede descomponerse en dos términos. El primer término (*CET*) mide el cambio de la eficiencia técnica³⁰ o el efecto (*catching up*), esto es, el grado de convergencia a la frontera de posibilidades de producción que experimenta la observación analizada en el periodo de estudio. Si el valor de este componente es mayor que uno, la unidad evaluada tiende aproximarse a la frontera de producción. Si es igual a uno, la distancia respecto a la frontera es la misma. Si es menor que uno se corresponde con pérdidas de eficiencia.

El segundo término (*CT*, la media geométrica de las dos ratios incluidas en los corchetes) aproxima el cambio técnico o el efecto innovación tecnológica concretizado en el desplazamiento de la frontera de producción (*shift frontier*), dicho cambio cuantifica la distancia media entre las funciones de producción de los dos periodos en

³⁰ Färe, Grosskopf y Lovell (1994) propusieron una ampliación de esta aproximación de forma que se puede desagregar el cambio en la eficiencia técnica en dos componentes: cambio en la eficiencia técnica pura y cambio en la eficiencia de escala (bajo el supuesto de rendimientos variables a escala).

los niveles de utilización de inputs en x^t y x^{t+1} . Si han existido mejoras tecnológicas este componente registra valores superiores a la unidad, lo que indica la existencia de progreso técnico.

Además, debe tenerse en cuenta que, aunque el producto del cambio en la eficiencia técnica y el cambio técnico debe ser, por definición, igual al índice de Malmquist, estos dos componentes pueden tener comportamientos en direcciones opuestas.

Para calcular el índice de Malmquist es necesario resolver las funciones distancias correspondientes mediante la metodología DEA³¹. El análisis se va orientar a la maximización del output, esto es, se busca evaluar cual sería el máximo output obtenible por cada unidad productiva dadas las cantidades de inputs disponibles.

Coelli *et al.* (1998) enfatizan que las propiedades de los rendimientos a escala de la tecnología son muy importantes en la medición de la productividad total de factores (PTF). Grifell-Tatjé y Lovell (1995) utilizan un ejemplo simple con un input y un solo output para ilustrar que, un índice de Malmquist PTF puede no medir correctamente los cambios de la PTF cuando se asumen rendimientos variables a escala (VRS) para la tecnología. Por lo tanto, es importante que los rendimientos constantes a escala (CRS) se impongan a cualquier tecnología que se utiliza para estimar las funciones de distancia para el cálculo de un índice de Malmquist PTF. De lo contrario, las medidas resultantes pueden no reflejar debidamente las ganancias de PTF o pérdidas resultantes de los efectos de escala. Por tanto, en esta investigación se asumen rendimientos constantes a escala para medir el cambio de la productividad total de factores mediante el índice de Malmquist, bajo una orientación output.

³¹ Sobre los programas de optimización utilizados para calcular el índice de Malmquist véase Coelli *et al.* 1998.

1.5. La medición de la eficiencia en el Sector Público

La importancia de evaluar la eficiencia productiva en el sector público radica en que algunos bienes y servicios son proporcionados por éste y además son financiados por la carga tributaria. Lo que hace de interés tanto gubernamental como académico conocer si la actuación pública es eficiente en la provisión de bienes y servicios.

Como señalan Lovell y Muñiz (2003), existe una ambivalencia de la actuación pública sobre el crecimiento económico. Por un lado, se tiene el gasto público en infraestructura financiado por impuestos; este gasto impulsa la marcha tanto del sector público como del privado. Por otra parte, se tiene el resto del gasto público (financiado con tributos) que provocan distorsiones sobre los incentivos de los agentes privados y la asignación de recursos entre los sectores público y privado. Esta ambivalencia y su influencia sobre el crecimiento económico llevan consigo a cuestionarse la existencia de un tamaño óptimo del sector público. Para esto, dichos autores mencionan que existe un acuerdo general acerca de que, hasta cierto límite, los gastos públicos financiados por impuestos proporcionan beneficios netos. En este punto se refiere a la provisión de bienes y servicios como: la justicia, la policía o defensa nacional, el transporte, la sanidad o la educación públicas. Más allá de este punto, los bienes y servicios provistos por agencias públicas también pueden serlo por agentes privados, apareciendo las distorsiones antes mencionados.

Cuando el gasto público no provee beneficios netos, aparecen ciertas distorsiones sobre los incentivos de los agentes privados y sobre la asignación de recursos entre los sectores público y privado. Si la actuación pública es ineficiente trae consigo la imposición de externalidades negativas sobre el sector privado, con efectos adversos para el crecimiento económico. Mientras que si el gasto público proporciona beneficios netos, entonces el sector público se vuelve eficiente y minimiza sus influencias distorsionadoras.

Todos los anteriores efectos indirectos sobre el sistema económico explican el interés de los estudios que evalúan la eficiencia en la provisión de los servicios públicos.

“Los gobiernos son responsables no sólo de la provisión de una serie de bienes y servicios públicos, sino también de controlar, supervisar, regular y evaluar la actuación de las entidades encargadas de dicha provisión” (Lovell y Muñiz, 2003, p. 48).

Dadas las características de la actividad pública, la técnica utilizada para medir la eficiencia debe adaptarse a estas peculiaridades de la oferta pública, principalmente al carácter multidimensional del output y al desconocimiento de la tecnología de producción, lo que aconseja el uso de aproximaciones flexibles en su formulación y que no impongan supuestos tan restrictivos sobre la frontera de producción. En este sentido, la metodología DEA se presenta como una opción que se ajusta bastante bien a estos criterios por diversos motivos.

Primero, la técnica DEA permite incorporar más de un output en la medición de la eficiencia, a diferencia de las técnicas basadas en el análisis de regresión. Aunado a esto, la facilidad de asignar internamente las ponderaciones a las diversas unidades productivas lo que permite resolver el problema para un contexto donde no se dispone de información sobre los precios de los recursos utilizados y productos obtenidos.

Segundo, otra característica del DEA es que construye la frontera de producción con base en datos de las mejores prácticas de las unidades públicas evaluadas, sin estar sujeto a una forma predeterminada de la función de producción. Esta peculiaridad se vuelve sumamente útil cuando se busca aproximarse a una medida de eficiencia de unidades públicas en estudio en las cuales las relaciones funcionales subyacentes son difíciles de especificar.

Tercero, otro aspecto positivo del DEA es su respeto a la diversidad en la conducta de las unidades valoradas, siempre que exista un cierto grado de homogeneidad entre ellas que garantice la validez de los resultados de evaluación.

Además de estas ventajas, el DEA observa una valiosa cualidad, ya que es una técnica que ofrece gran cantidad de información referente a cada una de las unidades evaluadas, lo que puede ser de gran utilidad desde la perspectiva de la gestión. Dicha información se refiere a los índices de eficiencia de cada entidad analizada, las ponderaciones de inputs y outputs (reales y virtuales), los grupos de referencia y los

objetivos de consumo y producción para las unidades que no alcanzan la eficiencia (Pedraja *et al.* 1994).

No obstante, al utilizar ésta metodología también es conveniente tener presente sus debilidades. En objetivos anteriores se han mencionado la mayoría de estas, como son su carácter determinista, la falta de propiedades estadísticas que permitan seleccionar las variables, entre otras, y es preciso tener en cuenta otras dos cuestiones de enorme importancia. La primera trata sobre la dependencia de los índices obtenidos con la relación entre el número de observaciones y variables incluidas en el modelo, de tal forma que, a medida que aumenta la cantidad de variables (inputs y outputs) en relación al tamaño de la muestra, la capacidad discriminatoria de la técnica DEA disminuye de manera significativa. En la literatura, suele utilizarse el criterio propuesto por Banker *et al.* (1989), aunque carece de justificación teórica, que recomienda como regla general, que el número de observaciones evaluadas debe ser mayor al número total de variables multiplicado por tres, siendo considerado un criterio válido para probar la fiabilidad de los resultados obtenidos.

La segunda cuestión es en relación con la flexibilidad que caracteriza al DEA. Además de ser una ventaja de la técnica, también puede llegar a ser una debilidad, debido a que la libertad absoluta en la asignación de las ponderaciones puede hacer que la técnica fije ponderaciones nulas a factores que sean relevantes en el proceso productivo, lo que puede conducir que aquellos factores que no son tan importantes en el proceso sean los que determinen la medición de la eficiencia³².

Una alternativa que surge para solucionar este problema es aplicar el DEA con ponderaciones restringidas, que consiste en establecer límites entre los que puedan fluctuar las ponderaciones de las variables consideradas determinantes en un determinado proceso productivo³³. Esta propuesta ha sido objeto de críticas en el

³² Este fenómeno explica que las unidades productivas que registran valores extremos en algún input o output sean evaluadas de manera automática como eficientes con el DEA, esto puede explicarse por qué si una unidad muestra una ratio output/input superior a las demás unidades entonces podrá basar su análisis exclusivamente en dicho ratio asignando ponderaciones nulas al resto. En ésta investigación, como se explica en el capítulo siguiente hemos seleccionado la muestra de unidades con mucho cuidado con la finalidad de medir la eficiencia de aquellas observaciones lo más similares posibles, esto es comparar lo comparable, y de esta forma dejar fuera de la evaluación los *outliers*.

³³ Esta extensión del DEA fue propuesta inicialmente por Dyson y Thanassoullis (1988).

sentido de que la asignación de límites a las ponderaciones depende más de fundamentos técnicos que de tipo económico (Pedraja *et al.* 1997), siendo recomendable su uso en los sectores donde se tienen muy definidos los factores que influyen en los resultados del proceso. Por otro lado, se destaca como la incorporación de juicios de valor en la importancia de los múltiples inputs y outputs suele utilizarse en contra de ésta propuesta provocando que la técnica pierda cierta objetividad. No obstante, ésta crítica no interfiere en la utilización de dicha técnica, pues también el DEA sin restricciones establece unos ciertos juicios de valor³⁴ y aún continúa siendo valorado como una herramienta de gran utilidad para el cálculo de la eficiencia, sino más bien debe alertar sobre la necesidad de interpretar con cautela los resultados obtenidos.

Una vez enunciadas las características generales del DEA, así como las ventajas e inconvenientes que conlleva la utilización de la técnica en el contexto público, la revelan como una metodología atractiva para calcular una medida adecuada del nivel de eficiencia con el que actúan un conjunto de unidades públicas³⁵. La multitud de trabajos relativos al ámbito público que pueden encontrarse en la literatura³⁶ en los que se utiliza esta técnica para medir la eficiencia de diferentes servicios como la sanidad, la justicia o la educación, en especial éste último, nos lleva a considerar el DEA como la metodología lo suficientemente apropiada para ser utilizada en la medición de la eficiencia de las instituciones de educación superior³⁷, puesto que se adapta a las características propias del ámbito a analizar como lo demuestran diversos trabajos existentes en la materia. Sin embargo, dadas las limitaciones que presenta la técnica

³⁴ La formulación del DEA supone que las ponderaciones asignadas a cada unidad analizada son aceptables y que es posible que alguna(s) de las variables consideradas, en el caso de obtener una ponderación nula, no tengan ninguna influencia sobre el índice de eficiencia final (Allen *et al.* 1997; Pedraja, Salinas y Smith, 1997).

³⁵ De acuerdo a Pedraja *et al.* (2001), dadas las características de la oferta pública española, las aproximaciones no paramétricas parecen unas técnicas adecuadas para el análisis de las unidades públicas.

³⁶ Dentro de la literatura de eficiencia aplicada al sector público español, los sectores más analizados son la sanidad y educación dada su importancia intrínseca y las reformas emprendidas durante el periodo democrático. De acuerdo a Lovell y Muñiz (2003) los estudios de eficiencia aplicados al sector público español se caracterizan en dos etapas temporales. La primera, que abarca de finales de los ochenta a principios de la década de los noventa, siendo dominante la visión teórica, donde se presentan e introducen este tipo de técnicas a la actividad pública española en general. Y la segunda etapa, se contempla desde mediados de los noventa hasta la actualidad y se caracteriza por la aplicación de las técnicas de evaluación de la eficiencia y la productividad a la actividad pública, consideradas con un enfoque básicamente ejemplificador.

³⁷ Las aplicaciones de la técnica DEA en el ámbito universitario son abordadas en capítulos siguientes.

DEA, y en especial el modelo sin restricciones, debe tenerse siempre presente que todos los resultados obtenidos deben ser interpretados con cautela.

1.6. Recapitulación

En este capítulo se ha realizado una exposición de las nociones básicas acerca de la idea de eficiencia y las distintas aproximaciones que pueden utilizarse para obtener una medida que muestre el comportamiento de un conjunto de unidades productivas, centrando la atención en la cantidad de recursos humanos o de capital utilizados en la producción de uno o más bienes y servicios, esto es, en el estudio de la eficiencia técnica o productiva.

Entre los diferentes enfoques que pueden seguirse para tratar de obtener una medida de eficiencia técnica, la opción que manifiesta un mayor grado de aceptación entre la comunidad de investigadores es la metodología tipo frontera, por poseer características que permiten una mejor aproximación a la idea de comparar el comportamiento de unas unidades productivas (ineficientes) con aquellas que alcanzan la máxima producción (eficientes), adaptándose así el concepto de eficiencia relativa.

Dentro de los métodos de tipo frontera, se pueden distinguir dos tipos de aproximaciones: paramétrica y no paramétrica. A grandes rasgos, la primera se basa en una forma funcional *a priori* de la frontera, mientras que la segunda es definida por un conjunto de propiedades formales que debe cumplir el conjunto de posibilidades de producción. Cada enfoque posee diversas fortalezas y debilidades, de tal forma que la elección entre ellas dependerá de las características del sector analizado.

Cómo nuestro propósito en la presente tesis es la medición de la eficiencia técnica y el análisis del cambio de la productividad a lo largo del tiempo en el contexto público (educación universitaria), nos hemos centrado en el estudio de la aproximación no paramétrica, y de forma más especial, en el Análisis Envolvente de Datos (DEA) como metodología base, pues de acuerdo a los estudiosos es la técnica que por sus características es la que mejor se adapta a las peculiaridades de la prestación de servicios por parte del sector público. En concreto, hemos seleccionado dos extensiones del modelo DEA original: el modelo BCC (rendimientos variables a escala) y el índice del cambio de la productividad total de factores de Malmquist.

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) destaca porque permite incorporar fácilmente varios outputs en la evaluación de la eficiencia, y además puede incluir diversos objetivos, la ausencia de información acerca de los precios de los factores de producción y los resultados o las dificultades que plantea la modelización de las complejas relaciones existentes entre inputs y outputs.

Está técnica no está exenta de dificultades, como el hecho de que cualquier desviación de la frontera sea atribuida a la ineficiencia por parte de las unidades productivas, lo que conlleva a una sensibilidad mayor a los errores de medida, o que las variables incluidas en la medición no cuenten con propiedades estadísticas, lo que hace imposible contrastar hipótesis. Por tanto, la selección de la muestra y la selección de las variables se vuelven dos decisiones trascendentales en el proceso de evaluación de la eficiencia.

Como hemos observado los métodos de análisis de fronteras son una alternativa a los métodos de regresión, y especialmente el DEA considerada una metodología particularmente apropiada en situaciones de competencia pública. Sin embargo, antes de seguir adelante con la evaluación de la eficiencia es conveniente abordar una condición que debe cumplir el conjunto de observaciones que tengamos de las unidades u organizaciones concretas (Albi *et al.* 1997). Esta condición se refiere a la homogeneidad de las observaciones, por lo que es preciso que antes de acercarnos a la frontera de eficiencia de las universidades públicas presenciales españolas la información de partida sea homogénea. Una técnica útil en este ámbito es el análisis cluster o de conglomerados para agrupar las universidades más similares posible según la variable de agrupación utilizada. En este sentido, el objeto del siguiente capítulo de la presente investigación consiste en el tratamiento de la homogeneidad de la muestra en la literatura para alcanzar dicho propósito.

CAPÍTULO 2

LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA: EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PRESENCIALES ESPAÑOLAS

CAPÍTULO 2. LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA: EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PRESENCIALES ESPAÑOLAS

2.1. Introducción

En el enfoque tipo frontera para la medición de la eficiencia, en especial, el Análisis Envolvente de Datos, desde un principio se ha destacado la necesidad de que las unidades productivas analizadas sean altamente homogéneas, tanto en los recursos utilizados, como en los productos obtenidos. Dicha necesidad se vuelve una condición en éste tipo de análisis debido a la elevada sensibilidad de las estimaciones a las observaciones incluidas en el estudio, ya que los resultados obtenidos van a depender de ello.

En el desarrollo del DEA pueden distinguirse, como fue descrito en el capítulo anterior, dos procesos centrales. En primer lugar, la construcción de una frontera de producción empírica a partir de las mejores prácticas productivas de la muestra. En segundo lugar, la cuantificación del grado de eficiencia de cada entidad evaluada, el cual queda definido como la distancia que la separa de dicha frontera. Ambos procesos se ejecutan simultáneamente a través de la resolución de un problema de programación lineal. En todo el proceso de evaluación se comparan entre sí las unidades de decisión objeto de estudio, por lo que es un punto clave que cada unidad evaluada sea lo más similar posible al resto de las unidades de referencia para realizar comparaciones de eficiencia significativas.

Por tanto, uno de los aspectos clave a considerar por el investigador, en el momento de medir la eficiencia mediante DEA, es la homogeneidad de las unidades analizadas, lo que implica que no pueden existir grandes disparidades en términos de inputs utilizados y outputs producidos y que todas las unidades se encuentren en las mismas circunstancias, pues, en caso contrario, una evaluación negativa de una DMU podría depender de factores sobre los que ésta no puede influir. Dicho de otra manera, “un elemento de preferente atención es que se esté comparando lo comparable” (Albi *et al.* 1997). Por tanto, es necesario que la información de partida sea homogénea y así cumplir con el requisito que establece el DEA para su adecuada implementación.

Dado que el objetivo general de esta tesis es analizar la eficiencia técnica y medir el cambio de la productividad total de factores en las UUPPPP españolas en diversos cursos académicos, utilizando el Análisis Envolvente de Datos (DEA) como metodología base, es necesario dar cumplimiento con la condición de homogeneidad de las unidades a evaluar. En el caso concreto de las universidades, nuestro objeto de evaluación, que fue descrito brevemente en la introducción de la tesis, se ha observado una diversidad de instituciones donde si las incluimos todas en el estudio se presenta el problema de comparar unidades productivas con distintas características, además no cumpliríamos con uno de los requisitos del análisis tipo frontera, la homogeneidad de la muestra, esto es comparar lo comparable.

Por tanto, lo anterior nos lleva a seleccionar la muestra de universidades para evaluar a aquellas que sean lo más similares posible en sus aspectos básicos de actividad docente e investigadora que definen su proceso de producción educativo. Sin embargo, cómo señalan Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008) la atención prestada a este aspecto en el análisis empírico resulta en la mayor parte de los estudios muy superficial o inexistente, guiada más por los datos disponibles o criterios *ad hoc* establecidos por los autores. Conscientes de la necesidad de ésta homogeneidad muestral en los análisis de eficiencia universitaria, éste capítulo se propone con el objetivo de agrupar las observaciones en conglomerados homogéneos que permitan realizar evaluaciones más coherentes internamente y no sesgadas, así también, se podrá corroborar la existencia o no de un patrón de especialización de dichas universidades a través del tiempo, en función del comportamiento del Personal Docente e Investigador ETC por rama de enseñanza.

Para cumplir con esta condición, éste capítulo se estructura de la siguiente forma después de esta introducción. En el segundo apartado se fundamenta la selección de la unidad muestral de referencia. El tercer apartado trata sobre la homogeneidad de la muestra, condición necesaria en el análisis de frontera. En el cuarto apartado se procede a clasificar las UUPPPP españolas mediante la técnica cluster. Por último, se presenta un apartado con la recapitulación.

2.2. Selección de la unidad muestral de referencia

Una vez destacada la importancia que tiene la homogeneidad de las unidades productivas dentro de la técnica DEA, y antes de organizar las universidades en conglomerados, es preciso fundamentar el porqué se escogió a la universidad como unidad muestral de referencia para evaluar la eficiencia técnica. En las distintas aplicaciones empíricas se tienen tres formas de evaluación de las instituciones de educación superior:

- a) La evaluación por departamentos dentro de una universidad;
- b) La evaluación a través de departamentos similares entre distintas universidades;
- c) La evaluación desde la perspectiva de la universidad en su conjunto.

Esto es, cuando se elige al departamento como unidad de observación, este puede ser comparado de dos formas, la primera con el resto de departamentos dentro de la misma universidad y la segunda es con departamentos de otras universidades. Es necesario esclarecer que para la evaluación en términos de departamentos estas comparaciones son más confiables cuando estos poseen las mismas características, o sea, los mismos tienen que ser lo más similares posibles. Mientras que, en relación a la evaluación desde la perspectiva de la universidad en su conjunto, significa la comparación del comportamiento productivo de la unidad muestral de referencia con unidades similares³⁸.

En esta tesis se eligió como unidad de estudio a las universidades, donde la elección de la unidad de estudio está en función del objetivo de la investigación, en este caso, se pretende analizar la eficiencia productiva y el cambio de productividad de las Universidades Públicas Presenciales españolas (UUPPPP) para el período de 2000 a 2009. La evaluación de las universidades públicas de forma agregada refleja gran

³⁸ Dyson *et al.* (2001) destacan que deberían extremarse las cautelas al comparar las actuaciones de los departamentos, sería inapropiado comparar departamentos de ciencias con departamentos de humanidades dentro de una misma universidad, ya que la estructura de gastos es muy distinta en ambos departamentos. Este argumento también es preciso considerarlo al comparar universidades con una oferta de titulaciones o una estructura de personal muy heterogénea.

interés porque es considerada complemento de los estudios referentes a departamentos u otros estudios más particulares. Otra característica de su importancia es que con este tipo de evaluación se puede tener en consideración las interacciones entre los subsistemas que las integran (departamentos y facultades), pudiendo al mismo tiempo analizar en conjunto a las actividades de docencia e investigación (Gómez Sancho y Mancebón Torrubia, 2008).

Otra particularidad de la organización universitaria es que puede ser considerada como un ente que funciona como una “empresa”, principalmente cuando se administran los recursos públicos y privados obtenidos³⁹. De acuerdo a Abbott y Doucouliagos (2003), las universidades son organizaciones que producen *multi-output (research, teaching and community services)* en base a *multi-inputs*. Las universidades públicas son un importante componente de la formación del capital humano e innovación. Ellas son también un principal componente del gasto para los contribuyentes. La eficiencia por la cual los inputs producen outputs deseados es por consiguiente una importante cuestión de política pública. Más aun, con la competencia incrementada por estudiantes globalmente, la eficiencia de las universidades es una cuestión internacional. Dichos autores recomiendan que las técnicas no paramétricas pueden ser aplicadas a datos en panel para contar con información sobre los cambios de la eficiencia a través del tiempo, así como del cambio de productividad total y cambio técnico.

Al elegir a la universidad como unidad de referencia se hace frente a una menor homogeneidad de la muestra (Gómez Sancho y Mancebón Torrubia, 2008). Para superar esta condición, se utilizará el análisis cluster como método de clasificación que proponen diversos autores Albi *et al.* (1997), Dyson *et al.* (2001), Gómez Sancho (2003, 2005), Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008). A continuación, se hace un recuento del tratamiento que ha recibido la homogeneidad de la muestra en la literatura, tanto a nivel internacional, como nacional.

³⁹ En 1996, el 61% de universidades públicas operaban sus ingresos desde fuentes gubernamentales (primordialmente subvenciones del gobierno central, que representó más del 80%) el resto provenía de los precios de matrícula de estudiantes y otras fuentes privadas (Ortega, Pérez Esparrells y Morales, 2010). En 2008, las universidades públicas reflejaron una financiación de origen público de 81,3% frente a un 18,7% de financiación privada (Ortega, Pérez Esparrells y Morales, 2011).

2.3. Homogeneidad de la muestra

Cabe mencionar que, en los estudios que analizan la eficiencia de universidades en forma agregada, tanto a nivel internacional como nacional, hacen referencia a la homogeneidad de la muestra. En algunos casos bien sea para excluir universidades, o para subdividir las en grupos en respuesta a algún criterio.

De acuerdo a Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008), los estudios sobre la evaluación de la eficiencia de las instituciones de educación superior a nivel agregado abordan el problema de la homogeneidad muestral desde dos perspectivas. Por un lado, están los estudios que hacen uso de una clasificación externa y, por otro, los estudios donde el propio investigador de manera subjetiva establece los criterios de segmentación que considera idóneos para sus objetivos. En el siguiente cuadro se enlistan algunos estudios según su clasificación adoptada:

Cuadro 2.1. Desglose de estudios según el tipo de clasificación adoptada para seleccionar la muestra de estudio

Estudios que atienden a una clasificación externa	Estudios que atienden a una clasificación propia
Estados Unidos: Ahn, (1987) Ahn, Arnold, Charnes y Cooper, (1989) Ahn, Arnold, Charnes y Cooper, (1989a) Ahn, Arnold, Charnes y Cooper, (1989b) Ahn, Arnold, Charnes y Cooper, (1989c) Ahn y Seiford, (1993) Breu y Raab, (1994) Rhodes y Southwick, (1993) Canadá: McMillan y Datta (1998)	Según país y suprimen algunas universidades según su objetivo de estudio: Athanassopoulos y Shale, (1997) - Gran Bretaña Marinho, Resende y Façanha, (1997) – Brasil Hanke y Leopoldsdorfer, (1998) – Austria Ng y Li, (2000) – China Avrikan, (2001); Abbott y Doucouliagos, (2003) – Australia Taylor y Harris, (2004) – Sudáfrica España: Parrellada y Duch, (2006); Duch, (2006); García Aracil <i>et al.</i> (2010); Duch-Brown y Vilalta, (2010) Por clasificación de universidades según la técnica cluster: Gómez Sancho, (2005) Según variables estratégicas: Hernangomez <i>et al.</i> (2007) Según la vía de obtención de competencias: Agasisti y Pérez Esparrells, (2010)

Fuente: Elaboración propia, adaptada de Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008).

Los pioneros en la evaluación de la eficiencia en la educación superior (Estados Unidos y Canadá), han basado la selección de la muestra en los criterios de clasificación establecidos por la *Carnegie Foundation* y en la revista *Macleam*, respectivamente, así como en segmentaciones propias. Los autores buscaron trabajar con universidades parecidas, Ahn, Arnold, Charnes y Cooper (1989), abordaron como determinante el que las universidades comparadas ofertarán ciclo de doctorado. Mientras que, a la par, otros trabajos trataban de comparar si eran más eficientes las universidades públicas o privadas; los resultados eran opuestos según se agruparan las universidades entre aquellas que ofertaban titulaciones de medicina de aquellas que no la poseían en su catálogo de titulaciones o simplemente no se subdividiese el grupo (Ahn, Charnes y Cooper, 1988; Rhodes y Soutwick, 1993; Ahn y Seiford, 1993). Dentro de este grupo, tiene cabida el estudio de Hanke y Leopoldseder (1998), que estudian las universidades y que para incrementar la homogeneidad se dejan fuera los datos de medicina en aquellas universidades en que se impartía.

El otro grupo de trabajos se identifica porque son los propios autores quienes segmentan la muestra para homogeneizar los datos, en algunos emplean varios criterios de segmentación. Todos los estudios mencionados acogen como primer criterio de segmentación el país, y después adoptan nuevos criterios según sus objetivos. El criterio comúnmente más usado es suprimir ciertas universidades para garantizar la homogeneidad de la muestra. En el estudio de las universidades británicas, los autores optan por aumentar la homogeneidad eliminando las instituciones escocesas, también eliminan aquella universidad que no imparte en todos los ciclos y la Universidad de Londres figura representada por seis de sus mayores escuelas (Athanasopoulos y Shale, 1997). En el caso de las universidades federales brasileñas se dejan fuera las instituciones muy especializadas, sin dejar claro en qué criterio se basan (Marihno, Resende y Façanha, 1997). En el caso de Austria (Hanke y Leopoldseder, 1998) descartan universidades que cuenten con facultades de medicina. O bien dejan fuera a las universidades menos importantes (Ng y Li, 2000), o las politécnicas (Taylor y Harris, 2004).

En la literatura reciente sobre evaluación de eficiencia de universidades españolas, destacan Gómez Sancho (2005); Hernangomez *et al.* (2007); y Agasisti y Pérez Esparrells (2010), quienes si aplican un criterio de homogeneidad. En el primer

caso agrupa universidades según clasificación obtenida por la técnica cluster; en el segundo, agrupan universidades de acuerdo a ciertas variables estratégicas de la teoría de organización industrial; y en el tercero, aglomeran a las universidades según la CC.AA. donde se ubique haya obtenido las competencias vía rápida o lenta. En el resto de trabajos realizados para evaluar la eficiencia de universidades españolas se aplica la técnica DEA sin tener presente algún criterio de segmentación de la muestra (Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006; García Aracil *et al.* 2010; Duch-Brown y Vilalta, 2010).

De acuerdo a Gómez Sancho (2003), los estudios internacionales antes mencionados dedican poca atención al problema de la muestra, punto fundamental en la evaluación de eficiencia en la educación superior mediante la técnica DEA. Dicho autor considera que muchas de las selecciones que se efectúan no serían aplicables para el caso español. Si las instituciones son seleccionadas en función de los ciclos que imparten para las universidades españolas, no tendría sentido porque todas están capacitadas e imparten en todos los ciclos. La división de universidades entre públicas y privadas tampoco aplica porque en nuestro caso solo consideramos las universidades públicas. También se observa que la existencia o no de facultades de medicina se ha empleado para dividir a las universidades, no se considera un criterio objetivo, ya que por el mismo motivo sería perfectamente factible dividir entre aquellas que poseen ingenierías o no las tienen u otro similar. Dado este panorama, en su tesis doctoral incluye la propuesta de homogeneizar la muestra en función de resultados del análisis cluster a partir de la variable de titulaciones.

Una vez revisados los criterios de segmentación adoptados en los estudios internacionales y nacionales, y analizada la propuesta de clasificar las universidades mediante el análisis cluster hemos optado por esta última. Una vez seleccionado el tipo de DMU a comparar y elegido la técnica para clasificar nuestro objeto de estudio, el siguiente paso es tratar de segmentar la muestra en grupos homogéneos para realizar evaluaciones independientes para cada uno de ellos (Dyson *et al.* 2001).

2.4. Selección de la muestra para el caso español

En la mayoría de las aplicaciones empíricas los autores manifiestan la dificultad para seleccionar la muestra que será utilizada. Como ha sido mencionado en el capítulo anterior, cuando se utiliza la técnica DEA para evaluar la eficiencia es fundamental

seleccionar la muestra de estudio de forma homogénea desde el punto de vista productivo, dada la sensibilidad de los resultados a las observaciones consideradas en el análisis.

En esta investigación hemos considerado la metodología propuesta por Albi, González-Páramo y López Casasnovas, 1997; Dyson *et al.* 2001; quienes proponen el uso del análisis cluster como herramienta para homogeneizar las observaciones en los estudios de eficiencia productiva. Dicha metodología ha sido aplicada en el caso de la educación superior en España por Gómez Sancho (2005) y Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008, 2010), que consiste en clasificar a las universidades públicas en grupos homogéneos mediante el análisis cluster. La aplicación de la misma en el caso de la universidad española surge de la revisión de la literatura efectuada durante la tesis doctoral de Gómez Sancho, donde encuentra que no se ha empleado ningún criterio que clasifique las universidades de forma clara y objetiva, y aunado a esto que en España no se dispone de una clasificación de las universidades propia en términos de homogeneidad.

Siguiendo la propuesta, hemos segmentado a las universidades españolas por rama de conocimiento⁴⁰. Este tipo de segmentación es útil para explicar las diferencias entre las unidades de estudio en relación a los recursos utilizados por las instituciones educativas y los resultados en ellas obtenidos. La rama de conocimiento es una referencia de segmentación adecuada en los contextos de evaluación de universidades en España, a la hora de acometer distintas medidas referidas con la actividad universitaria. El Ministerio de Educación y la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas proveen información clasificada en función de cinco ramas (Humanidades, Sociales y Jurídicas, Experimentales, Ciencias de la Salud, y Técnicas). Por otro lado, se tiene la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora, encargada de evaluar el rendimiento científico del profesorado universitario, que recurre al área de conocimiento para la concesión de los sexenios, acreditaciones y habilitaciones. Por el lado de la actividad docente, la tendencia actual con los nuevos grados y posgrados (máster oficial) adaptados al EEES ha sido en todas las CC.AA. a agrupar los precios de matrícula en cinco o seis ramas de enseñanza. Así también, concuerdan que una gran

⁴⁰ Se utiliza de manera indistinta el término rama de conocimiento o de enseñanza.

parte de las diferencias existentes entre universidades en relación con la oferta de estudios propios, con el logro de la financiación para investigación o transferencia de esta, se halla en que su oferta de titulaciones esté más o menos sesgada hacia una de las ramas de enseñanza. Se pone de manifiesto que, tanto para la actividad docente, como para la actividad investigadora, este criterio de segmentación se establece como una referencia fundamental (Gómez Sancho y Mancebón Torrubia, 2010).

Una vez delimitado el criterio de segmentación queda por especificar la variable que permita diferenciar de manera clara las ramas de enseñanza entre las distintas UUPPPP españolas. De acuerdo a Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008, 2010), se tienen tres opciones: 1) el número de alumnos en cada rama, 2) el número de titulaciones por rama y, 3) el número de profesores en cada rama.

En la primera opción, es preciso contar con datos homogeneizados del número de alumnos por cada rama de conocimiento en concreto equivalentes a tiempo completo, si hubiese información sobre ésta variable sería útil para explicar la actividad de docencia, pero no tendría sentido para la actividad investigadora, además de que no hay datos de alumnos ETC por rama de enseñanza. En cuanto a la segunda opción, se trata de agrupar a las universidades que poseen una oferta de titulaciones por rama de enseñanza muy parecida entre sí. Para esta variable se tiene información y se ha utilizado para clasificar a las universidades (Gómez Sancho, 2005), y en esta investigación se aplica como una variable alternativa para explorar el comportamiento de las universidades y también para contrastar los resultados obtenidos del análisis cluster. Mientras que la tercera opción, el número de profesores equivalentes a tiempo completo⁴¹ agrupados por rama de conocimiento constituye la medida más adecuada

⁴¹ Esta variable de profesores (PDI) equivalentes a tiempo completo se basa en la definición que utiliza la CRUE, y resulta muy diferente de otras clasificaciones del personal académico. Por ejemplo, en el estudio de Buela-Casal *et al.* (2010) utilizan el número de profesores funcionarios, variable obtenida de la suma de Catedráticos de Universidad, Profesores Titulares de Universidad y Catedráticos de Escuela Universitaria de cada una de las universidades públicas españolas a partir de información de la Comisión Nacional de Evaluación de la Actividad Investigadora (CNEAI). Otro ejemplo es el indicador de profesorado que utiliza la Alianza A4 (2010), en el cual ha tenido en cuenta el personal funcionario y estatutario (Catedráticos de Universidad y de Escuela, Profesores Titulares de Universidad y Escuela, y Contratados Doctor), con base en información del Instituto Nacional de Estadística. Ambos trabajos utilizan el indicador de profesorado dedicado a las actividades de investigación debido a que sus estudios están enfocados a la actividad investigadora de las universidades. Por el contrario, en la presente investigación se abarcan, tanto la actividad de docencia, como la de investigación. Cabe mencionar que, en el último informe publicado por la CRUE (2010) se agrega la variable PDI Doctor equivalente a tiempo completo, la cual no se considera en el presente estudio debido a que es sólo un año de registro. Los Informes CYD (2008, 2010) son un ejemplo que coincide con la presente investigación al utilizar la clasificación de profesores basada en la CRUE. Dichos informes utilizan la

para diferenciar a las universidades, porque toma en consideración las discrepancias de tamaño entre las ramas de conocimiento, así también gradúa la importancia de las ramas dentro de cada titulación.

Por tanto, el número de profesorado equivalente a tiempo completo es la variable que utilizaremos, considerando que dos universidades son homogéneas si su estructura de profesorado equivalente a tiempo completo por ramas de conocimiento es similar.

Es preciso señalar que, el empleo de esta variable de agrupación lleva consigo ciertas limitaciones. Primera, es una aproximación del Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo por rama de enseñanza, con base en la información real referente al P.D.I. funcionario y contratado por rama. Segunda, los datos de dicha estimación están bajo el supuesto de que la distribución del profesorado a tiempo parcial (o completo) es homogénea en las universidades, con el propósito de evitar que salgan favorecidas aquéllas en las que los contratados a tiempo parcial tienen una proporción mayor, ya que son quienes liberan tiempo para investigación para los profesores que tienen un contrato a tiempo completo (Pérez Esparrells y Gómez Sancho, 2010).

En la base de datos proporcionada por la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (varios años) y que utilizaremos como fuente principal, se encuentra información del Personal Docente e Investigador (PDI) funcionario y contratado clasificado por universidades públicas y rama de enseñanza. Sin embargo, la información para el PDI equivalente a tiempo completo sólo presenta registro de totales sin desglosar información por ramas. Con el afán de aproximarnos al número total de Profesorado Equivalente a Tiempo Completo diferenciando por ramas, se elaboró la variable *proxy* “el número de Personal Docente e Investigador equivalente a Tiempo Completo, (PDIETC)” a través del número total de profesorado por rama de enseñanza.

En el apéndice 2A, se presenta la estimación del número de Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo por rama de enseñanza para 47 Universidades Públicas Presenciales españolas en los cursos académicos 2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09. Cabe destacar que, el PDIETC es una variable

variable PDIETC para estimar el Ránking del índice compuesto por seis indicadores utilizados para aproximar la calidad docente e investigadora de las universidades públicas presenciales españolas.

mucho más precisa que el PDI sin normalizar, ya que sorprende las diferencias que existen por universidades y sobre todo, las grandes diferencias que se producen en todas las Universidades Catalanas en relación al resto, con excepción de la UPC (por ejemplo, véase la ratio PDIETC/PDI del curso 2008/09, en el cuadro 5, Apéndice 2A).

Una vez delimitado el criterio y la variable de agrupación, así como la similitud en el número de P.D.I equivalente a tiempo completo por universidades, se da paso a explicar la técnica de agrupación de objetos y los resultados arrojados de la aplicación del análisis cluster a la muestra de universidades en estudio.

En esta investigación, como ya se ha señalado el objeto de estudio son las universidades públicas las cuales están agrupadas dentro del Sistema Universitario Español de forma heterogénea⁴², y por tanto, es preciso aplicar la técnica cluster para explorar y clasificar las variables (Universidades) formando grupos con características similares, y así contar con una muestra homogénea para después aplicar la técnica Análisis Envolvente de Datos (DEA).

2.4.1. Metodología aplicada a las UU.PP.PP españolas

El análisis cluster será la técnica que nos permita homogeneizar la muestra de Universidades Públicas Presenciales españolas objeto de evaluación, basándonos en la propuesta de Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008).

Dichos autores para resolver el problema de la heterogeneidad en las UUPPPP españolas, realizan dos análisis. En el primero, aplican la técnica cluster con medidas de distancia para obtener la similitud y utilizan el encadenamiento medio como algoritmo de aglomeración, y obtienen datos confusos en la clasificación. La insatisfacción con los resultados del primer análisis, los lleva a explorar un segundo análisis con base en la agrupación atendiendo a medidas de correlación, donde realmente buscan un patrón en la oferta de titulaciones por parte de las universidades en estudio. La matriz de correlaciones está en función de las titulaciones ofertadas por rama de experimentalidad. Dichas correlaciones pueden agruparse de forma directa o ser reagrupadas aplicando un

⁴² Existe una clasificación efectuada por el Ministerio de Educación, donde el Sistema Universitario Español se clasifica en universidades públicas y privadas, éstas a su vez se subdividen en presenciales, no presenciales y especiales. Sin embargo, dicha clasificación no responde a los intereses del actual estudio.

nuevo análisis cluster. Y como el objetivo planteado fue identificar un patrón en la oferta de titulaciones por las universidades públicas españolas, por tanto, se diseñó la agrupación aplicando un nuevo análisis cluster a la matriz de correlación.

A continuación, se desglosa el procedimiento realizado para homogeneizar la muestra:

1º) Definir el objetivo: Segmentar las 47 Universidades Públicas Presenciales españolas en grupos que reflejen un comportamiento similar entre sí, con respecto a la variable analizada (PDIETC), pero que fuesen lo más diferente posible unos grupos a otros, para diversos cursos académicos (2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09). En primer lugar, es preciso concretar el criterio de segmentación de las universidades, en este caso se ha elegido la rama de enseñanza o conocimiento (Humanidades, Sociales y Jurídicas, Experimentales, Ciencias de la Salud, y Técnicas). A continuación, se debe especificar la variable que permita diferenciar las ramas de enseñanza entre distintas universidades, esto es, definir la variable de agrupación. En nuestro caso, hemos optado por el Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo clasificado por universidades públicas y rama de enseñanza, esta variable ha sido seleccionada con base en el método inductivo⁴³ y en el objetivo de la investigación.

2º) Antes de iniciar el proceso de partición, es necesario tratar tres cuestiones. Primera, identificar cualquier atípico de la muestra. La información sobre las universidades para los cursos académicos en estudio ha sido revisada y no se observan atípicos. Se identifica una ausencia de datos debido a la inexistencia de la rama de enseñanza o bien por la no disponibilidad de para ciertas universidades según el año de estudio⁴⁴.

⁴³ Este método consiste en que ni las variables, ni el número de grupos que se espera obtener tienen un nexo con una teoría, y es el que más se utiliza en estudios exploratorios (para más detalle véase Hair *et al.* 2001)

⁴⁴ Donde no existe la rama de enseñanza se escriben ceros, mientras que donde la información no está disponible se tratan estos casos. El procedimiento para tratar los valores perdidos consta de dos opciones: 1) eliminación de los casos que los contienen, y 2) imputación de un valor estimado a la variable cuando toma un valor perdido (Hair *et al.* 2001). En nuestro caso, se prefirió la segunda opción porque la inclusión de estos valores enriquece la homogeneidad de la muestra.

Segunda, establecer una medida de proximidad o distancia entre ellos que cuantifique el grado de similitud entre cada par de objetos. En la literatura existen multitud de medidas de semejanza y de distancia dependiendo del tipo de variables y datos considerados⁴⁵. En este caso, los datos que se utilizan son del tipo de intervalo y la variable es cuantitativa, lo que nos lleva a optar por la medida de distancia⁴⁶. Entre las medidas de distancia, se distinguen entre aquellas que se basan en la distancia euclídea al cuadrado y las que caben en el enfoque de distancia absoluta. Para éstas últimas es preciso considerar, que si las variables muestran correlación alguna, los conglomerados no serían válidos.

Como en nuestro estudio las variables si están correlacionadas se rechaza el uso de este tipo de medidas, y se elige la distancia euclídea al cuadrado como medida de distancia. Esta distancia, al igual que otras medidas para variables cuantitativas como: la distancia euclídea, distancia métrica de Chebychev, distancia de Manhattan y distancia de Minkowski, no son invariantes a cambios de escala, por lo que Peña (2002) recomienda estandarizar los datos si las unidades de medida de las variables no son comparables.

Tercera, ¿deberían estandarizarse los datos? En este análisis, si bien es cierto no hay problema con la comparabilidad de la unidad de medida de la variable, aunque si se requiere estandarizar los valores para eliminar el efecto de la escala de medida, y así poder aplicar el análisis sobre variables que presentan similares valores medios y desviaciones estándar, lo cual facilita la interpretación. La estandarización se efectúa mediante el coeficiente de correlación entre objetos de estudio, habiendo antes invertido filas por columnas y viceversa, donde ahora las observaciones son las ramas de enseñanza y las variables son las 47 universidades en estudio, como indica la propuesta de Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008, 2010).

⁴⁵ Para un desglose de estas medidas véase el libro de Hair *et al.* (2001).

⁴⁶ “Las medidas de disimilitud, desemejanza o distancia miden la distancia entre dos objetos de forma que, cuanto mayor (resp. menor) es su valor, más (resp. menos) diferentes son los objetos y menor (resp. mayor) la probabilidad de que los métodos de clasificación los pongan en el mismo grupo” (Peña, 2002).

Por tanto, se calculan las matrices de correlación correspondientes, donde el coeficiente⁴⁷ entre las dos columnas de números indica la similitud (correlación) entre los perfiles de los dos objetos (universidades). Una medida de correlación de similitudes observa los patrones y no las magnitudes de los valores (Hair *et al.* 2001). Teniendo las correlaciones entre universidades es posible agruparlas en función al valor del coeficiente (-1 a 1), o bien de nuevo podrían agruparse mediante un análisis cluster.

Al calcular la correlación entre las universidades se obtiene de cierta forma la homogeneidad de las mismas, destacando el supuesto de que se consideran homogéneas aquellas universidades que tienen una estructura de Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo parecida. Mediante la matriz de correlación se puede visualizar que el Sistema Universitario Público Español está conformado por universidades parecidas entre sí en la estructura del PDIETC (esto es, con correlaciones superiores a 0,5), y por universidades muy diferentes (muestran coeficientes de correlación negativos o menores a 0,5).

En nuestro caso, para comprender mejor la información de la matriz de correlación se aplica un nuevo análisis cluster con medidas de distancia, tomando la distancia euclídea al cuadrado como medida de intervalo.

3º) Una vez establecida la variable, los objetos a clasificar, y la medida de distancia seleccionada, se inicia el proceso de partición (obtención de grupos y valoración del ajuste conjunto). Para lo cual, se escogió el método de clasificación jerárquico con un algoritmo de encadenamiento medio dentro de los métodos aglomerativos para identificar el número apropiado de conglomerados.

La selección de una solución cluster, implica responder la pregunta ¿Cuántos conglomerados debería haber? Existen diversos métodos de determinación del número de grupos, y están basados en: i) reconstruir la matriz de distancias original; ii) los coeficientes de concordancia de Kendall, o; iii) realizar análisis de la varianza entre los

⁴⁷ De acuerdo a Hair *et al.* (2001) “el coeficiente de correlación indica la fuerza de asociación entre las variables independientes y la variable dependiente. El signo (+ o -) indica la dirección de la relación. Puede tomar valores entre -1 y +1, con +1 indicando una relación positiva perfecta, 0 indicando una ausencia de relación y -1 indicando una relación inversa o negativa perfecta (a medida que una crece, otra disminuye)”.

grupos obtenidos. No existe un criterio universalmente aceptado (Figueras, 2001). La respuesta queda a juicio del investigador.

Dado que la mayoría de *software* estadísticos proveen las distancias de aglomeración⁴⁸, es decir, las distancias a las que se forma cada grupo, una forma de determinar el número de grupos consiste en localizar en qué iteraciones del método utilizado dichas distancias pegan grandes saltos. Hair *et al.* (2001) proponen realizar el cálculo de las tasas de variación entre los coeficientes de aglomeración entre etapas sucesivas. Así, cuando una tasa de variación sea drásticamente superior a la anterior, será el momento de detener las fusiones (Uriel, 2005). Por otro lado, utilizando las distancias de aglomeración se pueden emplear criterios como el *criterio de Mojena* que determina el primer $s \in \mathbb{N}$ tal que $a_{s+1} > \bar{\alpha} + ks_a$ si se utilizan distancias y $<$ si son similitudes donde $\{a_j : j=1, \dots, n-1\}$ son las distancias de aglomeración, $\bar{\alpha}$, s_a su media y su desviación típica respectivamente y k una constante entre 2.5 y 3.5 (Figueras, 2001).

En esta investigación, hemos utilizado las tasas de variación para observar los mayores saltos de los coeficientes de aglomeración, y así determinar el número de conglomerados (dichos saltos están señalados con líneas gruesas punteadas en los dendrogramas⁴⁹, véase apéndice 2B).

5º) Interpretar la clasificación obtenida por el análisis cluster. Este paso implica el examen de cada grupo en términos de valor teórico del conglomerado o asignar una etiqueta adecuada que describa la naturaleza de los conglomerados. De acuerdo a Figueras (2001), para la interpretación se requiere un conocimiento suficiente del problema analizado. Es preciso estar abierto a la posibilidad de que no todos los grupos obtenidos tienen porqué ser significativos.

Dentro de las herramientas para apoyar dicha interpretación se sugiere realizar análisis de varianzas y análisis multivariante de la varianza, análisis discriminantes,

⁴⁸ El historial de aglomeración muestra las distancias de aglomeración y los grupos que se han ido formando al aplicar el algoritmo. El diagrama de témpanos y el dendrograma proporcionan dicha información de forma gráfica.

⁴⁹ El dendrograma es un tipo de representación gráfica o diagrama de datos en forma de árbol del proceso aglomerativo jerárquico, que organiza los grupos que se han ido formando al aplicar el algoritmo (Hair *et al.* 2001). Este gráfico permite visualizar los atípicos, donde un atípico sería una rama que no se unió hasta muy tarde.

análisis factorial o de componentes principales y calcular perfiles medios por grupos. Si el procedimiento de aglomeración se realizó sobre los datos tal y como se obtuvieron, esto sería una descripción lógica, mientras que si los datos se estandarizaron el investigador tendrá que calcular los perfiles medios empleando estos datos.

Los perfiles y la interpretación de los conglomerados logran algo más que una descripción. Por un lado, proporcionan un medio de evaluar la correspondencia de los conglomerados derivados de aquellos propuestos por una teoría *a priori* o por la experiencia práctica. Por otro lado, los perfiles de los conglomerados ofrecen una vía para efectuar evaluaciones de significación práctica (Hair *et al.* 2001).

6º) Validación de resultados y perfil de los grupos. En lo que corresponde a la validación de los grupos, en esta fase se debe determinar tanto la fiabilidad como la validez de las soluciones que se han logrado. La fiabilidad puede observarse mediante un análisis cluster para muestras distintas, también se puede calcular este análisis con una variable diferente (por ejemplo, la oferta de titulaciones), o emplear un algoritmo de aglomeración diferente, o bien utilizar un método de encadenamiento distinto, entre otras alternativas. En esta investigación, para validar los resultados de las agrupaciones de universidades hemos utilizado dos opciones: a) análisis cluster a través del método de aglomeración vinculación con centroides, y b) análisis cluster con la variable de titulaciones.

Cabe abrir un espacio para mencionar el por qué hemos utilizado la metodología de clasificación de universidades propuesta por Gómez Sancho y Mancebón Torrubia⁵⁰ (2008, 2010). En un principio, al disponer de la base de datos original (matriz) con n observaciones (47 universidades) y la información sobre k variables (cinco ramas de enseñanza), $X_{n \times k}$, se calcularon las correlaciones entre las variables. Así también, aplicamos el análisis cluster utilizando medidas de distancia y un algoritmo de aglomeración promedio inter-grupos donde se observan en los dendogramas resultados no satisfactorios, lo que nos lleva a optar por la propuesta antes mencionada. Es preciso

⁵⁰ Dichos autores emplean la clasificación de universidades en grupos homogéneos según su especialización en las diferentes áreas de conocimiento, como estrategia para corregir el sesgo provocado por la distinta representación del área de conocimiento en las revistas incluidas por ISI en sus JCR (Gómez Sancho y Mancebón Torrubia, 2010).

hacerse notar que los resultados obtenidos en este primer ejercicio coinciden con los hallazgos de Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008).

En el estudio de Gómez Sancho (2003) donde explora el comportamiento de 47 universidades públicas españolas con datos de la Universidad en Cifras 2002 de la CRUE, y empleando como variable la oferta de titulaciones por rama de enseñanza, obtiene tres grupos de universidades para el curso académico 2000/01: 1) técnicas, son aquellas universidades donde destaca un predominio de las titulaciones técnicas; 2) no técnicas, integrado por las universidades con poco peso en las titulaciones técnicas; y 3) universidades generalistas, son las universidades con una oferta más variada entre titulaciones, sin observarse especialización.

En la presente investigación se obtienen más grupos aunque cambian en su composición, con la diferencia de que utilizamos la variable PDIETC, mientras que al utilizar la variable titulaciones si hay coincidencia de tres grupos para ese mismo curso académico 2000/2001.

2.4.2. Interpretación de resultados (2000-2008)

En este epígrafe se presentan los resultados arrojados al aplicar la técnica cluster a las matrices de correlación entre las UUPPPP españolas para los cursos académicos 2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09⁵¹. En el apéndice 2B se presentan los dendogramas respectivamente para todos los años de estudio.

En este primer análisis cluster se utiliza el algoritmo de aglomeración: vinculación inter-grupos. En el curso académico (2000/01), observando el dendograma se distinguen 4 grupos de universidades al cortar las fusiones en la etapa 11:

⁵¹ Los cálculos correspondientes se hicieron utilizando el programa *PASW Statistics (SPSS Statistic)* versión 18.

<i>Cluster</i>	<i>Universidades</i>
1	UVI, URI, UJA, UBU, UPNA, UDG, UJCS, UCLM, UCAR, ULPGC, UVA, UDL, UMA, USE, UIB, UAL, UALM, UHU, UGR, ULE, UPO, UPF, URJC, UCA, UOV, UEX, UAH, UPV
2	UVEG, UMU, ULL, UAM, UAB, UCM, UZA, UBA, USAL, USC
3	UPC, UPM, UPVA, UPCT, UCN, ULC
4	UCO, UMH, URV

Dentro de esta clasificación el grupo de universidades más similares entre sí son las que menor distancia presentan, en este caso el grupo 3 de universidades técnicas (con una correlación promedio de 0,93). El grupo más distinto al resto es claramente el grupo 4, ya que es el último que se incorpora a las fusiones antes de alcanzar la etapa 11, y entre los objetos que la integran presentan una correlación promedio de 0,50.

Podemos considerar que, en general, los resultados son bastantes homogéneos, ya que los cuatro grupos registran una correlación promedio superior a 0,50.

Para el curso 2002/03, de acuerdo al dendograma resultado del análisis cluster se forman cuatro conglomerados de universidades al detener las iteraciones en la etapa 10:

<i>Cluster</i>	<i>Universidades</i>
1	UVI, URI, UJA, UBU, UPNA, UDG, UJCS, UCLM, UCAR, ULPGC, UVA, UDL, UMA, USE, UIB, UAL, UALM, UHU, ULE, UPO, UPF, UOV, UPV
2	UCA, UEX, UAH, UGR, UVEG, UZA, UAB, UCM, UMU, ULL, UAM, UBA, USA, URV, URJC
3	UPC, UPM, UPVA, UCN, UPCT, ULC
4	UCO, UMH, USC

En este curso, el patrón de comportamiento observado de las UUPPP se asemeja al curso académico anteriormente analizado.

En el siguiente curso académico (2004/05), de acuerdo al dendrograma correspondiente, y deteniendo las fusiones en la etapa 6 destacan 4 conglomerados y un grupo formado de una universidad que no se identifica con ningún grupo.

<i>Cluster</i>	<i>Universidades</i>
1	UJCS, URI, UZA, UPF, UHU, UMA, UALM, UAL, UPO, UIB, ULE, ULPGC, UCAR, ULC, USE, UOV, UJA, UBU, UPN, UCLM, UVA, UDG, UCA, UVI, URJC, UPV
2	ULL, UAM, UVEG, UCM, UGR, UBA, UMU, USAL, UAB, URV, UEX
3	UPC, UPVA, UCN, UPM, UPCT
4	UMH, UAH, UCO, USC
5	UDL

A continuación, tenemos el año académico (2006/07), con un dendrograma que muestra 4 grupos de universidades al cortar las iteraciones en la etapa 13.

<i>Cluster</i>	<i>Universidades</i>
1	UIB, UPF, UPO, UHU, UMA, UALM, ULE, UDL, URJC, UZA, UCA, UEX, UDG, UJCS, UAL, UCLM, UVA, UVI, UCAR, UJA, UBU, UPNA, USE, UOV, URI, UPV
2	ULL, UAM, USA, UBA, UCM, UMU, UVEG, UGR, USC, UAB
3	UPVA, UPCT, UPC, UCN, UPM, ULPGC, ULC
4	UMH, UAH, UCO, URV

Por último, el dendrograma del curso académico (2008/09)⁵² refleja 4 grupos bien definidos, deteniendo las fusiones en la etapa 12.

⁵² Cabe reconocer el mérito de la CRUE por su ardua labor en la recopilación de datos sobre el Sistema de Educación Superior Español durante la última década, gracias a esto fue posible un estudio completo de las 47 UUPPPP para el curso 2008-09 sin imputación de datos.

<i>Cluster</i>	<i>Universidades</i>
1	UCLM, UCAR, UDG, UVA, USE, UPV, UPN, UJA, UBU, UOV, ULC, UVI, UPF, URJC, UAL, UJCS, UALM, UHU, UMA, UPO, UIB, ULE, URI
2	UAB, UMU, UGR, UVEG, ULL, UAM, UBA, UCM, UCO, UMH, UCA, UDL, UEX, UZA, URV
3	UPC, UPM, UPVA, UPCT, ULPGC, UCN
4	USAL, USC, UAH

En los cinco escenarios antes descritos se observan grupos de universidades bien definidos entre ellos. Hemos tomado dos criterios para observar la homogeneidad de la muestra, por un lado, se considera la formación de un grupo al detener las fusiones en la etapa que registre un aumento drástico respecto a la etapa anterior, y por otro, al tomar como criterio de grupo homogéneo aquél que muestre una correlación mínima superior a 0,50 entre las universidades, y por ambos criterios se observan 4 grupos⁵³:

1er. Grupo: Universidades Generalistas. Es un grupo de universidades donde el PDIETC está distribuido de manera uniforme entre las cinco ramas de conocimiento, esto es, no manifiestan concentración en alguna rama de enseñanza específica. El número de universidades que comprenden este grupo varía según el curso académico de estudio, y depende directamente de la movilidad del PDIETC entre las diversas ramas de enseñanza en cada una de las universidades.

En los cursos académicos 2002/03 y 2008/09, se registran 23 universidades, mientras que en 2000/01, 2004/05 y 2006/07, se observan 28, 25 y 26 universidades respectivamente. A lo largo del periodo analizado se exponen 19 universidades quienes mantienen constancia dentro del mismo grupo. Es importante destacar que en este grupo aparecen aquellas instituciones que son únicas en sus Comunidades Autónomas, como son: la de Extremadura, Zaragoza, País Vasco, La Rioja, Pública de Navarra, Castilla la Mancha, la de Islas Baleares, y la de Oviedo.

⁵³ Hemos intentado agrupar las universidades en tres grupos, sin embargo, esto nos conduce a conglomerar el grupo de técnicas con las observaciones atípicas lo que se traduce en correlaciones muy bajas. Y si elegimos cuatro conglomerados nos permite apreciar mejor la similitud entre universidades y las diferencias entre grupos.

2do. Grupo: Universidades Técnicas. Integrado por las universidades Politécnicas, así como la U. de Cantabria, U. La Coruña, U. de las Palmas Gran Canaria. Este conglomerado es el más homogéneo de todos para los 5 cursos académicos analizados. Cabe destacar que el PDIETC de dichas universidades se concentra en la rama de enseñanzas técnicas, participando muy poco en las otras ramas.

3er. Grupo: Universidades Semi-generalistas. Este conglomerado se conforma por aquellas universidades que se caracterizan por contar con PDIETC distribuido entre las ramas de enseñanza: humanidades, ciencias sociales y jurídicas, experimentales, ciencias de la salud, y participando relativamente poco en la rama de técnicas. El número de instituciones participantes fluctúa entre 6, 10, 11, 15 y 17, según el curso académico de estudio. Este grupo integra a todas las universidades en las que en sus Comunidades Autónomas existe alguna universidad de tipo técnico y, por tanto, hay poca participación de profesores en el área técnica.

4to. Grupo: Universidades Atípicas⁵⁴. Es un grupo formado por 3, 4 o 5 universidades (U. de Córdoba, U. Miguel Hernández de Elche, U. Rovira i Virgili, U. Santiago de Compostela, U. de Alcalá de Henares), según el curso académico de estudio, que se identifican por poseer más PDIETC (aproximadamente un 45%) en las ramas de Ciencias de la Salud, y Experimentales, y su comportamiento es muy diferente del resto de grupos.

Con la finalidad de probar la validez de los resultados, hemos realizado el análisis cluster aplicando como método de conglomeración la agrupación con centroides, con la misma medida que es la distancia euclídea al cuadrado. La aplicación de la técnica cluster se efectuó para los cinco cursos académicos en estudio, y los resultados arrojan grupos de universidades muy similares a los obtenidos en el análisis anterior, por lo que se corrobora la fiabilidad de los hallazgos.

⁵⁴ De acuerdo a Hair *et al.* 2001 este tipo de conglomerados (formado por un miembro o es de tamaño pequeño comparado con otros conglomerados) se consideran hasta cierto punto problemáticos, y el investigador debe decidir si representa un componente estructural válido de la muestra o si debería ser eliminado como no representativo. Nosotros hemos incluido dicho conglomerado en los cinco análisis cluster dada la importancia de observar el comportamiento de todas las UUPPPP españolas a lo largo del tiempo.

Asimismo, hemos agregado a las universidades en grupos homogéneos atendiendo a su oferta de titulaciones agrupadas por ramas de conocimiento, y los resultados obtenidos reflejan cuatro grupos que se observan relativamente similares que cuando se utiliza la variable PDIETC (véase apéndice 2C), por tanto los hallazgos se pueden considerar fiables. Sin embargo, cuando se utiliza la oferta de titulaciones como variable de agrupación no debe olvidarse que ésta no contempla las diferencias de tamaño entre las ramas de enseñanza, y tampoco gradúa la importancia de las ramas dentro de cada titulación, a diferencia de la variable profesorado.

Los resultados así obtenidos, manifiestan que las Universidades Públicas Presenciales españolas se clasifican en cuatro claros grupos dependiendo de su empleo y movilidad inter-temporal de Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo por rama de enseñanza. Por un lado, las denominadas técnicas; por otro lado, las que se especializan en otras ramas siendo residual la participación del PDIETC en las ramas de técnicas (semi- generalistas); el grupo de las universidades de comportamiento muy diferente del resto de grupos, llamado atípicas, y por último, el tercer grupo, el más numeroso en el que se detecta mejor distribución del PDIETC entre las ramas del conocimiento (denominadas generalistas).

En este apartado se ha demostrado que mediante el análisis cluster es viable clasificar a las UUPPPP españolas en grupos homogéneos en función de la variable PDIETC a través del tiempo, concordando con la propuesta de clasificación de las universidades públicas elaborada por Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2008), desde la perspectiva de la evaluación institucional.

En el siguiente cuadro se desglosa el patrón de comportamiento de las UUPPPP españolas según la distribución del PDIETC por rama de enseñanza durante los cursos académicos de 2000/01 a 2008/09.

Cuadro 2.2. Clasificación de las UUPPPP españolas

SIGLA	UU.PP.PP.	2000-01	2002-03	2004-05	2006-07	2008-09
UALM	U. de ALMERÍA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UCA	U. de CÁDIZ	Generalista	Semi-generalista	Generalista	Generalista	Semi-generalista
UCO	U. de CÓRDOBA	Atípica	Atípica	Atípica	Atípica	Semi-generalista
UGR	U. de GRANADA	Generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista
UHU	U. de HUELVA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UJA	U. de JAÉN	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UMA	U. de MÁLAGA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UPO	U. PABLO DE OLAVIDE	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
USE	U. de SEVILLA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UZA	U. de ZARAGOZA	Semi-generalista	Semi-generalista	Generalista	Generalista	Semi-generalista
UOV	U. de OVIEDO	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UIB	U. de las ISLAS BALEARES	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
ULL	U. de LA LAGUNA	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista
ULPGC	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	Generalista	Generalista	Generalista	Técnica	Técnica
UCN	U. de CANTABRIA	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica
UCLM	U. de CASTILLA-LA MANCHA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UBU	U. de BURGOS	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
ULE	U. de LEÓN	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
USA	U. de SALAMANCA	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Atípica
UVA	U. de VALLADOLID	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UAB	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista
UBA	U. de BARCELONA	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista
UDG	U. de GIRONA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UDL	U. de LLEIDA	Generalista	Generalista	Totalmente atípico	Generalista	Semi-generalista
UPC	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica
UPF	U. POMPEU FABRA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
URV	U. ROVIRA I VIRGILI	Atípica	Semi-generalista	Semi-generalista	Atípica	Semi-generalista
UAL	U. de ALICANTE	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UJCS	U. JAUME I DE CASTELLÓN	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UMH	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	Atípica	Atípica	Atípica	Atípica	Semi-generalista
UPVA	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica
UEVG	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista
UEX	U. de EXTREMADURA	Generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Generalista	Semi-generalista
ULC	U. de LA CORUÑA	Técnica	Técnica	Generalista	Técnica	Generalista
USC	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	Semi-generalista	Atípica	Atípica	Semi-generalista	Atípica
UVI	U. de VIGO	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UAH	U. de ALCALÁ DE HENARES	Generalista	Semi-generalista	Atípica	Atípica	Atípica
UAM	U. AUTÓNOMA DE MADRID	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista
UCAR	U. CARLOS III DE MADRID	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UCM	U. COMPLUTENSE DE MADRID	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista
UPM	U. POLITÉCNICA DE MADRID	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica
URJC	U. REY JUAN CARLOS	Generalista	Semi-generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UMU	U. de MURCIA	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista	Semi-generalista
UPCT	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica	Técnica
UPNA	U. PÚBLICA DE NAVARRA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
UPV	U. del PAÍS VASCO	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista
URI	U. de LA RIOJA	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista	Generalista

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

El análisis cluster nos ha permitido reconocer ciertos patrones de especialización, reuniendo las universidades que a la vista de la variable seleccionada en nuestra investigación resultan más homogéneas. Albi *et al.* 1997 señala que dos unidades productivas nunca actuarán con las mismas circunstancias, pero es imprescindible que se empleen en la comparación observaciones de unidades análogas y que se tenga en consideración las circunstancias que afectan a unas u otras unidades. De los resultados obtenidos el grupo que refleja un alto grado de similitud entre los miembros del mismo son el conglomerado de las técnicas, seguido del grupo de semi-generalistas, generalistas y atípicas, respectivamente. Así también, los grupos formados por el análisis cluster se observan razonablemente diferenciados entre sí.

Con los resultados obtenidos del análisis cluster también podemos observar que durante el tiempo analizado (2000-2008) las universidades tienden a especializarse y los grupos se van diferenciando. Esto se explica porque al formar grupos de universidades más reducidos los coeficientes de correlación reflejan valores más altos, lo que puede traducirse como una mejora en el SUPE debido a la mayor heterogeneidad. Sin embargo, esta tendencia dificulta la comparación entre las universidades, porque se pierde homogeneidad en el transcurso del tiempo.

Cabe mencionar que, otra condición para efectuar un análisis de frontera, en especial el análisis envolvente de datos, es que el número de observaciones sea mayor al producto de inputs y outputs. Dado que los grupos con mayor grado de homogeneidad (técnicas, semigeneralistas) son de tamaño relativamente pequeño, hemos decidido estudiar el conglomerado más numeroso, las universidades generalistas (aparecen en negrita en el cuadro 2.2). El grupo seleccionado observa en términos promedio un coeficiente de correlación que fluctúa entre 0,68 y 0,80 a lo largo del tiempo por lo que refleja valores aceptables de homogeneidad intra-grupo. Cabe destacar la homogeneidad del grupo, universidades generalistas, porque en su mayoría reflejan valores de correlación superiores a 0,50, esto es, son más parecidas sus estructuras de PDIETC comparándolas entre sí.

Para corroborar la decisión de estudiar sólo el conglomerado de generalistas, y no el conjunto de universidades se aplicó la técnica DEA sin discriminar universidades para todos los cursos académicos, como un estudio piloto del comportamiento de las

universidades, donde no se da cumplimiento con la condición de homogeneidad de las observaciones. El análisis arrojó resultados un tanto incongruentes, porque en el caso de las universidades que son referencia para aquellas ineficientes no son análogas entre sí, por ejemplo, en el curso académico 2006/07 la U. de Almería tiene como referencia a la U. Politécnica de Cataluña, sabiendo de antemano que ambas reflejan una estructura de profesorado muy distinto, la primera se ubica en el grupo de generalistas y la universidad con la cual se compara está en el grupo de técnicas.

Al contar con la selección de la muestra de UUPPPP españolas, se da cumplimiento a la condición establecida por las técnicas de frontera para evaluar la eficiencia entre unidades productivas similares, esto es la homogeneidad de las observaciones.

Una vez aplicada la técnica cluster o de agrupación para reunir a las universidades más similares en términos de estructura del PDIETC por rama de conocimiento, se han logrado los objetivos de minimizar la varianza de las unidades incluidas en cada uno de los conglomerados y maximizarla entre clusters diferentes (Albi *et al.* 1997). Así también, mediante la aplicación de ésta técnica conseguimos ganancias de información para mejorar las comparaciones entre las universidades. Por tanto, la información de partida manifiesta homogeneidad, condición necesaria por la metodología DEA para estimar la eficiencia técnica de las UUPPPP españolas, no sin antes definir los inputs y outputs participantes en el proceso de producción educativa a nivel superior, objetivo que se abordará en el siguiente capítulo.

Con respecto a la agrupación de universidades es preciso reconocer que hubiera sido más conveniente utilizar como variable de agrupación el Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo agrupado por ramas de enseñanza en términos reales, sin embargo, la información no está disponible. Por lo anterior, los resultados obtenidos deben ser tomados con cautela dado que se basan en estimaciones. Teniendo presente lo anterior, cabe resaltar que esta exploración de patrones de comportamiento de las UUPPPP españolas a lo largo del tiempo es el primer análisis realizado en su género. Lo que representa una pequeña aportación a los estudios sobre

clasificación de universidades⁵⁵ teniendo como variable de agregación el PDIETC por rama de enseñanza.

2.5. Recapitulación

El ámbito educativo, en general, y en específico la universidad constituyen un sector que ocupa un lugar preferente en los trabajos que se centran en la evaluación de la eficiencia en el Sector Público.

Dado el carácter flexible del Análisis Envolvente de Datos es preciso ser cauteloso en el cumplimiento de la homogeneidad de las observaciones, condición necesaria en los análisis tipo frontera. Dicha condición ha sido tratada en este capítulo mediante la técnica cluster, generando así ganancias de información para mejorar las comparaciones entre las universidades que serán objeto de estudio de capítulos posteriores.

Para alcanzar el objetivo principal de la tesis, evaluar la eficiencia productiva de las Universidades Públicas Españolas a través del tiempo, ha sido necesario establecer el objetivo secundario de cumplir con la homogeneidad de la muestra. Para concretar este objetivo intermedio fue indispensable clasificar las UUPPPP españolas para los cursos académicos 2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09.

En esta investigación, se emplea el análisis cluster con el propósito de explorar y asimismo formular una taxonomía (una clasificación de objetos realizada empíricamente). Una vez aplicado el análisis cluster usando el método de aglomeración de encadenamiento medio y corroborada la fiabilidad de los resultados se observa una

⁵⁵ Gómez Sancho (2003) utiliza la técnica cluster para clasificar a las universidades públicas españolas en grupos homogéneos para el curso 2000/01, con la finalidad de homogeneizar la muestra y después evaluar la eficiencia con el DEA multiactividad. Palomares Montero y García Aracil (2010) aplican un *"fuzzy clustering approach"* como una alternativa de análisis de universidades, agrupando universidades públicas españolas para el año 2006, emplean el algoritmo FCM –método de aglomeración que permite que una pieza de la información pertenezca a dos o más clusters-. Los resultados dejan ver que las universidades públicas españolas no son tan homogéneas como a veces se ha asumido, dejando de lado la agrupación por tamaño, número de grados y áreas de estudio. Otros trabajos que utilizan el análisis cluster como técnica para identificar grupos de universidades homogéneas, aunque no como estudio previo para aplicar la técnica DEA sino más bien para cumplir distintos objetivos destacan De Pablos y Santín (2001), García Aracil *et al.* (2010), entre otros; y Moreno Sáez y Trillo del Pozo (2001) quienes utilizan la técnica para clasificar a los departamentos de la Universidad Politécnica de Cataluña en función de los resultados obtenidos en los análisis de calidad de la docencia e investigación y la capacidad de transferencia al exterior de la tecnología.

clasificación de las universidades públicas españolas en tres claros grupos y un grupo disperso, los cuales se definen en función del empleo y movilidad inter-temporal del Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo entre las ramas de enseñanza.

Hemos observado que en el mapa universitario español en función del PDIETC durante el periodo analizado se identifican tres grupos: 1) generalistas, siendo el grupo más numeroso y en el que se detecta mejor distribución del PDIETC entre las cinco ramas de enseñanza; 2) semi-generalistas, son las universidades que se especializan en otras ramas siendo residual la participación del PDIETC en la rama de técnicas; 3) técnicas, universidades con un enfoque claro en el área de técnicas. Además, aparece un grupo disperso o de universidades atípicas, formado por 3 o 4 universidades.

Así también, con los resultados obtenidos del análisis cluster se ha observado que las UUPPPP españolas reflejan una tendencia hacia la especialización durante el tiempo analizado (2000-2008), lo que puede traducirse como una mejora en el SUPE debido a la mayor heterogeneidad. Al observarse esta tendencia de diferenciación en función de la estructura del PDIETC por ramas de conocimiento aumenta la dificultad de realizar la comparación entre las universidades como todo un conjunto, porque se pierde homogeneidad en el transcurso del tiempo. En realidad, se forman grupos de universidades más diferenciados entre sí.

En relación al uso del Personal Docente e Investigador equivalente a Tiempo Completo como variable de agrupación de las UUPPPP españolas, ésta nos ha permitido observar la importancia de matizar la estructura del PDI y la especialización de las instituciones en relación a esta variable en el momento de su clasificación.

Con respecto a la agrupación de universidades ha sido necesario para el análisis cluster construir la variable de Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo agrupado por ramas de enseñanza, información no disponible en la base de datos de la CRUE de manera directa. Por lo anterior, los resultados obtenidos son más relevantes ya que se basan en una estimación cuidadosa del PDIETC por ramas de enseñanza. Teniendo presente lo anterior, cabe resaltar que esta exploración de patrones de comportamiento de las UUPPPP españolas a lo largo del tiempo, constituye uno de los primeros análisis realizados en su género tras el pionero de Gómez Sancho (2003).

Lo que representa una participación importante en el avance de los estudios enfocados a la clasificación de universidades, teniendo como variable de agregación al PDIETC por rama de enseñanza.

Otra condición para efectuar un análisis de frontera, en especial el análisis envolvente de datos, es que el número de observaciones sea mayor al producto de inputs y outputs. Dado que los grupos con mayor grado de homogeneidad (técnicas, semigeneralistas) son de tamaño relativamente pequeño, hemos decidido estudiar el conglomerado más numeroso en capítulos siguientes, las universidades generalistas. El grupo seleccionado observa en términos promedio un coeficiente de correlación que fluctúa entre 0,68 y 0,80 a lo largo del tiempo por lo que refleja valores aceptables de homogeneidad intra-grupo. Cabe destacar la importancia de homogeneidad del grupo frente a otros estudios de esta naturaleza, las universidades generalistas, porque en su mayoría reflejan valores de correlación superiores a 0,50, esto es, son más parecidas sus estructuras de PDIETC comparándolas entre sí.

Las diferencias encontradas en los resultados de análisis cluster que reflejan patrones claros de especialización de las universidades parecen suficientemente importantes para descartar cualquier evaluación conjunta de todas ellas, dadas las diferencias de recursos requeridos en las actividades de docencia, investigación y difusión de esta última existentes entre las diversas ramas de enseñanza. Una evaluación neutral y no sesgada de antemano requiere circunscribir las comparaciones a las universidades que se caracterizan por su similitud en la distribución de PDIETC por ramas de enseñanza. Aunado a lo anterior, los resultados del estudio piloto del DEA aplicado a las UUPPPP españolas en conjunto que se presentan en el capítulo cuarto (véase cuadro 4.1) corroboran la importancia de realizar un análisis de eficiencia con una muestra menos heterogénea de observaciones tan defendida a lo largo de toda la investigación, porque así se evitan comparaciones entre universidades tan disímiles.

CAPÍTULO 3

**LA SELECCIÓN DE INPUTS Y OUTPUTS
DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA
EDUCACIÓN SUPERIOR PÚBLICA**

CAPÍTULO 3. LA SELECCIÓN DE INPUTS Y OUTPUTS DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR PÚBLICA

3.1. Introducción

En la evaluación de la eficiencia del Sector Público es imprescindible cumplir ciertos requerimientos previos: la homogeneidad de la muestra (punto tratado en el capítulo anterior), la selección de inputs y outputs (punto abordado en este capítulo), la elección de la técnica para medir la eficiencia, el tipo de rendimientos (constantes o variables) para emplear, la sensibilidad de resultados, entre otros.

Una vez cumplido el primer requerimiento para evaluar la eficiencia mediante la técnica DEA, ahora corresponde investigar sobre las variables que actúan como *proxy* de los inputs y outputs en el proceso de producción en educación superior y seleccionar aquellas variables dentro de las disponibles que mejor nos permitan interpretar el proceso productivo de las UUPPPP españolas.

Dentro de este contexto, es preciso abordar la función de producción como punto fundamental en la evaluación de eficiencia porque representa la tecnología utilizada en la transformación de los inputs (recursos) en los productos obtenidos (outputs). Además de la relación directa con el logro de la eficiencia, dado que una unidad evaluada que resulte eficiente se situará sobre dicha frontera, mientras que aquellas unidades que estén ubicadas por debajo de la frontera serán ineficientes.

El capítulo se compone de cinco apartados, después de esta introducción; el segundo aborda la función de producción en la educación superior; en el tercero, se describen las variables que participan como inputs y outputs en el proceso de producción universitario, con base en la revisión de literatura que trata de evaluar la eficiencia productiva de las instituciones universitarias utilizando la técnica DEA; el cuarto aborda la selección de las variables *proxy* de inputs y outputs, donde con la finalidad de fundamentar empíricamente la representatividad de estas se realiza un análisis estadístico y econométrico y con base a los resultados obtenidos se efectúa la selección de las variables más apropiadas para explicar las actividades de docencia e

investigación y de este modo evaluar la eficiencia de las UUPPPP españolas; finalizando con la correspondiente recapitulación.

3.2. La función de producción en la educación superior

Al evaluar la eficiencia de una organización, es preciso construir, bien explícita o implícitamente, una función de producción que refleje el proceso productivo a través del cual las unidades de estudio efectúan la transformación de unos inputs en unos outputs.

En el contexto de las instituciones universitarias, el tratamiento de las universidades públicas y de las privadas es distinto en el sentido de que producen bienes y servicios que no son comparables, donde dichos productos son obtenidos según sea la orientación elegida por dicha institución en relación a sus actividades y recursos, bien hacia la docencia, hacia la investigación o hacia ambas.

En el caso español, referente a las universidades privadas es preciso mencionar sobre su vertiginosa expansión en tan sólo diecisiete años: desde 1993 hasta 2010 se han creado 23 nuevas universidades privadas y/o de la Iglesia, agregando las 5 universidades ya existentes, se obtiene un total de 28, las cuales representan el 35,9% de las instituciones universitarias que conforman el SUE en el año 2010 (ME, 2010)⁵⁶. No obstante, el peso de estas instituciones privadas en el conjunto del sistema universitario español sigue siendo reducido, porque sólo estudian en las universidades privadas en torno al 11 por ciento del total de universitarios.

En relación a los productos obtenidos en estas universidades, resultan muy diferentes a las universidades públicas. De acuerdo a Buesa *et al.* (2009), en la gran mayoría de estas instituciones se manifiesta una orientación de sus actividades y recursos hacia la docencia, dato recogido mediante un índice multidimensional de calidad calculado para 69 universidades públicas y privadas de España con datos del curso 2006-07. Este índice se compone de dos índices uno de calidad en docencia y otro

⁵⁶ En este importante cambio, debe tenerse en cuenta el claro impulso que supuso el cambio normativo introducido por el RD 557/1991, sobre creación y reconocimiento de Universidades y Centros Universitarios. que permitió que determinados centros adscritos a universidades públicas, que eran de titularidad privada, pasaron a convertirse en universidad privada (Moreno y Sánchez, 2010).

de calidad en investigación. En la actividad docente entre las instituciones mejor colocadas en el ranking están las universidades de Navarra, Pontificia de Comillas y la Abat Oliva (CEU de Barcelona). Y en relación a la actividad investigadora la gran mayoría de universidades privadas se encuentran en las últimas posiciones del ranking de investigación, con excepción de la universidad de Navarra.

Mientras que en el caso de las universidades públicas, dichos autores señalan que existe un alto número de ellas que reflejan una orientación de sus actividades y recursos hacia la investigación y también algunas destacan en la actividad docente.

Dadas las orientaciones tan disímiles entre las universidades privadas y públicas españolas, difícilmente podrían hacerse comparaciones en términos de evaluación de eficiencia técnica. De acuerdo a Cooper, Seiford y Zhu (2004) si las categorías no son comparables (por ejemplo, universidades públicas vs. universidades privadas), entonces un análisis separado debe ser realizado para cada categoría. En la presente investigación con nuestros objetivos expuestos anteriormente nos centraremos en las universidades públicas (UUPPPP españolas).

Para aproximarnos a la función de producción educativa universitaria, para el caso español, es conveniente considerar como punto de partida los objetivos que se les atribuyen. San Segundo (2005) afirma que las universidades son instituciones *multiproducto* dedicadas a la obtención de diversos objetivos. Y comenta que en el caso español, los objetivos son establecidos por la ley⁵⁷, que son los siguientes: 1) la creación y crítica de la ciencia (investigación); 2) la formación de profesionales (enseñanza) y; 3) la difusión de la ciencia y la cultura (extensión cultural).

Estos objetivos pueden ser realizados en diferentes niveles, mediante la formación de graduados, licenciados, master oficial y doctores, o a través de la realización de investigación básica y aplicada. Y cada una de estas actividades se puede efectuar en diversas áreas de conocimiento (Trillo, 2002).

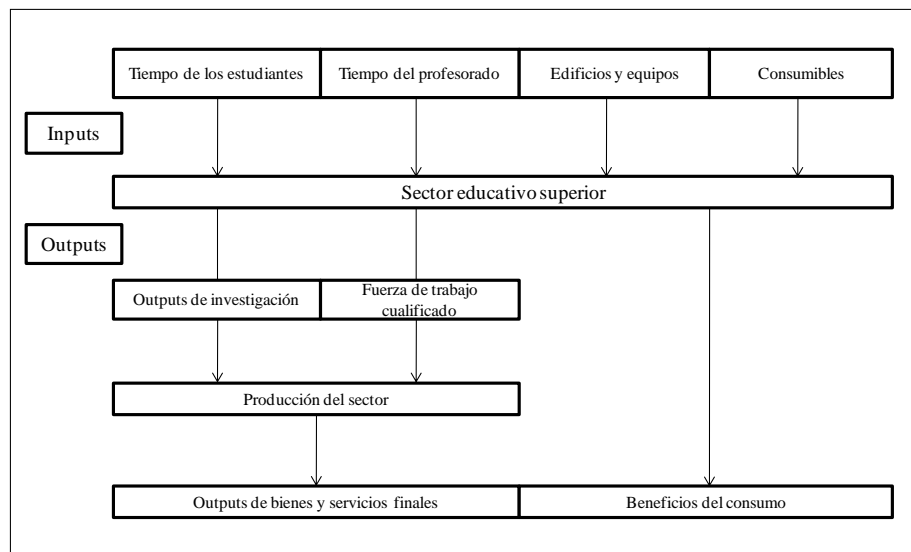
⁵⁷ La Ley Orgánica de Universidades 6/2001 de 21 de diciembre, recoge en su artículo 1.2. las funciones de la Universidad al servicio de la sociedad, que se mantiene en la LOM LOU (2007).

Para lograr estos objetivos, dichas entidades desempeñan principalmente las funciones de la docencia, la investigación y otro tipo de funciones agrupadas bajo el nombre de extensión universitaria. Estas funciones de la producción de la universidad se suelen denominar misiones: enseñanza, investigación y las actividades de la llamada tercera misión.

Sobre la tercera misión, en los últimos años se ha generado todo un debate sobre las consecuencias de incluirla entre las misiones institucionales de las universidades (Casani y Bueno, 2007). Generalmente puede ser definida como la diseminación o actividades de extensión, incluyendo actividades como publicaciones de divulgación científica, la educación superior, los antiguos alumnos, etc. Por lo general, estas actividades se excluyen de la discusión de la tercera misión, ya que se centra en la transferencia del conocimiento académico en forma de colaboración con la industria, las patentes / licencias y la creación de *spin-off* de las empresas. Las relaciones universidad-industria en forma de contratos de investigación industrial y el patrocinio de la ciencia académica tienen una larga historia, mientras que la participación de universidades y académicos en materia de patentes, licencias y la formación de nuevas empresas es una tendencia reciente que se está impulsando con fuerza en los últimos años. Las actividades de la tercera misión son por consiguiente una mezcla compleja, y subsecuentemente también el desarrollo de bases de datos e indicadores coherentes son potencialmente complicados y presentan algunas dificultades (García Aracil *et al.* 2010).

Para concretar estas funciones se requiere de un proceso que combina determinados inputs o factores productivos (trabajo y capital) para transformarlos en outputs o productos (docencia, investigación y extensión cultural). En el siguiente esquema se pueden visualizar estas relaciones.

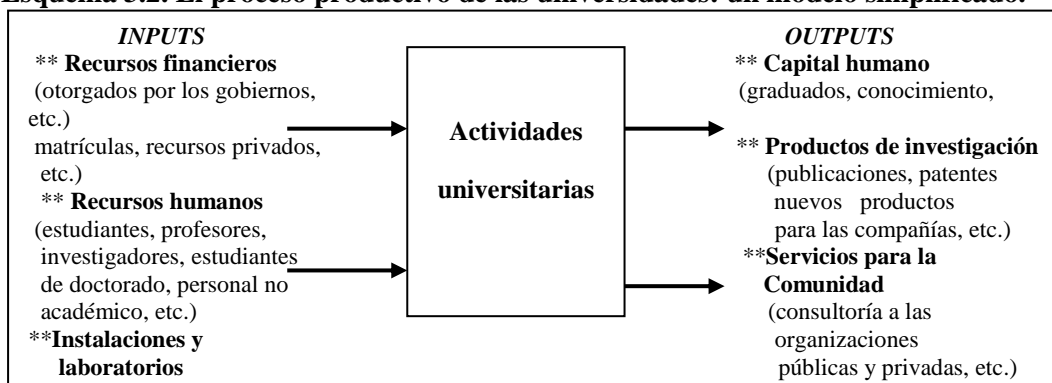
Esquema 3.1. Proceso productivo de la educación superior



Fuente: Cave (1997, p. 28).

En el esquema anterior, podemos observar las relaciones que se establecen entre un conjunto de inputs o factores productivos y los outputs (docencia e investigación) que derivan de ellos. Y en la siguiente representación se tiene el mismo proceso de manera simplificada:

Esquema 3.2. El proceso productivo de las universidades: un modelo simplificado.



Fuente: Agasisti y Pérez Esparrells (2010, p. 90).

Como puede verse en los esquemas anteriores, una característica de las universidades que debe destacarse, es que éstas producen varios outputs con frecuencia compartiendo el uso de algunos inputs. En este caso, el hecho de que varias actividades se realizan en conjunto trae consigo una reducción en el coste de producirlas en comparación con su producción por separado. Se dice que existen economías de alcance (San Segundo, 2005).

Para explicar cómo son consideradas las funciones atribuidas a la universidad, Trillo (2006) menciona que las funciones de docencia engloban las actividades relacionadas con la impartición de una enseñanza de calidad con una repercusión social, siendo ésta sobre el alumnado y sobre el mundo laboral. Y también, no menos significativo que las funciones antes mencionadas es el facilitar el acceso a la educación para quienes demuestren su aptitud para los estudios cursados. En relación a la investigación, se entiende como el conjunto de actividades efectuadas por el personal académico y otro personal dedicado a la investigación con la finalidad de encontrar soluciones a los diversos problemas de las áreas del conocimiento. Y en lo concerniente a la tarea de extensión universitaria, dicho autor la denomina como un “cajón de sastre” porque agrupa a todas aquellas actividades que no son docencia o investigación.

Es preciso continuar con un trabajo que evalúe de ser posible las tres actividades conjuntamente, sin embargo, dada la escasez de datos de la tercera misión, se elabora esta tesis donde se evalúa la investigación y la docencia, ésta última quizá la actividad más reconocida por la sociedad por proporcionar la educación superior a los jóvenes (Pérez Esparrells y Gómez Sancho, 2010).

El análisis de las relaciones técnicas que se establecen entre los inputs y los outputs del proceso de producción de educación superior precisa conocer los estudios realizados en el caso español y en otros países, con la finalidad de visualizar las ventajas y desventajas de utilizar unos u otros inputs y outputs, lo que nos llevará a seleccionar aquellos que permitan explicar mejor el comportamiento de las universidades públicas españolas dentro de las limitaciones impuestas por la información disponible⁵⁸.

Dado que el sistema universitario es el objeto de estudio en esta tesis, y a pesar de que la universidad es un “entramado complejo”, dicho sistema en su conjunto se puede considerar como una “industria” o “empresa”, que tiene como objetivos fundamentales la docencia, investigación y transferencia del conocimiento. Por tanto, es preciso conocer con qué inputs trabaja y cómo realiza su transformación en outputs.

⁵⁸ Un análisis detallado de las variables utilizadas en la función de producción de la educación superior puede encontrarse en Gómez Sancho (2005).

Antes de proceder a la evaluación de la eficiencia de la universidad, es preciso tratar de encontrar la función de producción que caracteriza su proceso productivo. Para lo cual es fundamental comenzar con la identificación de las variables implicadas y enseguida, observar el tipo de relación que pudiese existir entre ellas. Para seleccionar nuestros inputs y outputs, nos hemos apoyado en los principales estudios sobre DEA en el ámbito universitario español y en el extranjero (véase apéndice 4A). Una vez identificadas las variables, se da paso a fundamentar de manera empírica (análisis estadístico y econométrico) la elección de éstas propuesta en éste capítulo.

3.3. Las variables en la función de producción universitaria

En este apartado nos centramos en observar cuales son las variables que caracterizan la función de producción universitaria, exponiendo la manera en que esta cuestión ha sido abordada en los trabajos previos como se ha dicho repetidamente. La selección de inputs y outputs es fundamental para definir la función de producción y así modelar el comportamiento universitario (enseñanza e investigación), lo cual es complicado y no definitivo (Johnes, 1995; Worthington y Lee, 2005).

Para identificar, seleccionar y medir las variables que intervienen en el proceso productivo universitario se ha efectuado una revisión detallada de los estudios sobre evaluación de la eficiencia técnica en la educación superior, tanto a nivel internacional, como nacional.

La identificación, selección y medición adecuada de las variables resultará esencial para mejorar la aproximación a la eficiencia técnica real de las entidades evaluadas. Es importante tener presente aquellos factores que dificultan estos pasos que son fundamentales en el proceso productivo universitario (Martín, 2005). Dentro de los elementos que influyen se tienen los externos como los factores no controlables y las variables ambientales; y los internos como pueden ser el clima de trabajo, la carga docente, la carga de gestión para los profesores, la estabilidad laboral, la existencia de grupos consolidados de investigación o el interés de los alumnos en las materias cursadas (Martín, 2007).

Dada la complejidad de medir los inputs y outputs que intervienen en el proceso de producción educativa, se han empleado variables *proxy*. La selección de las variables

proxy utilizadas en el análisis de la eficiencia productiva requiere mucha cautela, dado que, por naturaleza en la metodología DEA, no hay forma de evaluar la sensibilidad de los resultados obtenidos, por lo que es clave esta selección. Abbott y Doucouliagos (2003) en su estudio para probar la sensibilidad de los resultados de eficiencia a los inputs usados, efectúan un análisis usando varias combinaciones de inputs y outputs, incluyendo dos, tres y cuatro inputs, así también como diferentes medidas de outputs. Dichos autores comentan que un análisis de este tipo es primordial, porque es posible que la selección de inputs y outputs pueda influenciar en cómo los resultados de eficiencia son clasificados. En relación a los outputs, se han abordado desde la perspectiva de las funciones que realiza la universidad, es decir, desde la docencia, investigación y transferencia del conocimiento.

La revisión minuciosa de cada una de las aplicaciones del análisis DEA en el sistema universitario español e internacional, nos ha permitido identificar las variables que predominan en la preferencia de los estudiosos del tema.

3.3.1. Outputs

Las actividades básicas desarrolladas por las universidades se concretan en outputs de docencia y outputs de investigación. Estas tareas se traducen, en la práctica entre otras, en la formación de alumnos y en la publicación de la investigación efectuada. Como se ha señalado en la presente investigación sólo se consideran los outputs docencia e investigación, mientras que la transferencia del conocimiento no se incluye debido a la ausencia de datos en algunos cursos académicos.

A continuación, se exponen las variables *proxy* utilizadas en la mayoría de los trabajos existentes en la literatura nacional e internacional para medir dichos outputs, las cuales se dividen de acuerdo a las principales funciones de la universidad, con excepción de la transferencia del conocimiento que no hay ejemplos de su inclusión como variable *proxy*:

Cuadro 3.1. Variables *proxy* del output Docencia

Docencia	Autores
1.Número de títulos superiores adjudicados para posgrado (número de titulados)	Athanasoupolus y Shale, 1997; Flegg <i>et al.</i> 2004
2.Número de diplomas otorgados a nivel de grado y posgrado (expedidos el último curso)	Abbott y Doucouliagos, 2003
3.Número de alumnos graduados	Ahn y Seiford, 1993; Athanasoupolus y Shale, 1997; Gómez Sancho, 2005; Hernangómez <i>et al.</i> 2007; Agasisti y Johnes, 2009; Agasisti y Pérez Esparrells, 2010
4.Estudiantes de grado matriculados ETC	Ahn y Seiford, 1993; Coelli, Prasada y Battese, 1998; Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003; Johnes <i>et al.</i> 2005; Thanassoullis <i>et al.</i> 2011
5.Número de alumnos matriculados en centros propios en 1º y 2º ciclo	Ahn, Charnes y Cooper, 1988; Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006;
6.Estudiantes de postgrado matriculados ETC	Avkiran, 2001; Johnes <i>et al.</i> 2005; Thanassoullis <i>et al.</i> 2011
7.Tasa de retención, progreso o éxito de estudiantes	Breu y Raab, 1994; Avkiran, 2001, Afonso y Santos, 2008; Duch-Brown y Vilalta, 2010
8.Tasa de empleo de graduados a tiempo completo	Avkiran, 2001
9.Pago de matrícula de extranjeros	Avkiran, 2001
10.Pago de matrícula de postgrado de no extranjeros	Avkiran, 2001
11.Número de programas ofertados de grado y postgrado	Abbott y Doucouliagos, 2003
12.Número de matriculados en doctorado	Ahn, Charnes y Cooper, 1988 y 1989; Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006
13.% de alumnos que terminan respecto a los matriculados	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
14.Porcentaje de dobles titulaciones /número de titulaciones	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
15.Número de titulaciones de segundo ciclo /número de titulaciones	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
16.Número de programas de doctorado /número de departamentos	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
17.Número de alumnos extranjeros entrantes /número de alumnos matriculados	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
18.Número de alumnos Erasmus salientes/ número de alumnos matriculados	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
19.Número de provincias distintas donde hay campus /número de provincias donde hay campus en España	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
20.Número acumulativo de certificados de doctorado otorgados en los años 2002-2003 por 100 profesores en cada DMU (universidad)	Afonso y Santos, 2008

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se desglosan las variables *proxy* que comúnmente son utilizadas como output de la actividad investigadora de las universidades.

Cuadro 3. 2. Variables *proxy* del output Investigación

Investigación	Autores
1. Índice de publicaciones (ponderado)	Coelli, Prasada y Battesse, 1998; Athanasoupolus y Shale, 1997
2. Research Quantum ⁵⁹ Allocation	Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003
3. Subvenciones en investigaciones	Ahn y Seiford, 1993; Abbott y Doucouliagos, 2003; Thanasoullis <i>et al.</i> 2011
4. Gastos en investigaciones	Abbott y Doucouliagos, 2003; Hernangómez <i>et al.</i> 2007
5. Número de artículos	Ng y Li, 2000
6. Número de resultados de investigación reconocidos (patentes)	Ng y Li, 2000; Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006
7. Número de premios	Ng y Li, 2000
8. Número de contratos	Ng y Li, 2000
9. Número de publicaciones ponderadas por el factor de impacto de la investigación en revistas ISI (corregida la propensión a citar y el periodo de tiempo en que se materializa el impacto)	Gómez Sancho, 2005; Gómez Sancho y Mancebón Torrubia, 2008 y 2010
10. Tesis producidas	Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006
11. Publicaciones incluidas en el <i>Science Citation Index</i> entre 1996 y 2001	Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006; Hernangómez <i>et al.</i> 2007
12. Número de sexenios por profesor	Parrellada y Duch, 2006; Hernangómez <i>et al.</i> 2007
13. Número de artículos publicados y recogidos por el ISI, por cada profesor doctor	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
14. Monto de recursos externos (fondos públicos y privados)	Ahn, Charnes y Cooper, 1988 y 1989; Flegg <i>et al.</i> 2004; Johnes <i>et al.</i> 2005; Agasisti y Johnes, 2009; Agasisti y Pérez Esparrells, 2010; Thanasoullis <i>et al.</i> 2011

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las variables *proxy* de los outputs (véase cuadros 3.1 y 3.2) se observa que hay coincidencia en distinguir los productos de la actividad docente y los de la actividad investigadora. Los primeros generalmente son aproximados por: los estudiantes, ya sean graduados o matriculados (1º, 2º o 3º ciclo; Erasmus salientes); y en

⁵⁹ *Research Quantum Allocation* es la cantidad que el gobierno australiano está dispuesto a pagar a las universidades por la investigación que producen. Dicho indicador ha sido utilizado en los estudios de Avkiran 2001, y Abbott y Doucouliagos, 2003.

algún caso, por el número de titulaciones de segundo y tercer ciclo. Y los segundos por sus resultados científicos o por los ingresos relacionados con la investigación. Los outputs en todos los estudios tienen una relación con los resultados de las dos actividades principales de las universidades: la docencia y la investigación (Pérez Esparrells y Gómez Sancho, 2010).

En relación al output de investigación, siendo en teoría más permisible para cuantificar se observan distintos indicadores como propuestas para su medición.

Para el caso de España, varios estudios proponen el *número de publicaciones* como indicador de la producción científica (Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006; Hernangómez *et al.* 2007), donde en el último estudio utilizan el número de artículos publicados y recogidos por el ISI (*Institute for Scientific Information*) por cada profesor doctor. Cabe mencionar que, es una variable que refleja el nivel de actividad de los investigadores, pero no su calidad (Martín, 2007). Este indicador hace referencia al número de artículos en los que ha participado la institución.

Tradicionalmente este conteo de artículos publicados ha sido una de las maneras más habituales de aproximar los resultados de la actividad investigadora. Las críticas más contundentes a este indicador es que no tiene en cuenta, ni la calidad de las publicaciones en las que se publican los trabajos, ni las duplicidades que se producen en los casos en los que hayan trabajado más de un investigador o más de una institución (Gómez Sancho y Mancebón Torrubia, 2010).

Con el objetivo de incluir aspectos cualitativos en los indicadores de investigación, Gómez Sancho (2005) utiliza la variable de publicaciones de las universidades públicas españolas ponderadas por el factor de impacto de la investigación en revistas ISI (corregida la propensión a citar y el periodo en que se materializa el impacto). Para 2009, estos autores proponen utilizar un nuevo factor de impacto⁶⁰ que permita efectuar evaluaciones de la producción científica de manera neutra entre áreas, instituciones y/o autores.

⁶⁰ En 2010, ambos autores utilizan el nuevo factor de impacto para evaluar la producción científica de las universidades españolas.

En cuanto a los estudios a nivel internacional, en su mayoría sí incluyen la calidad de la investigación en sus indicadores y no sólo la cantidad (Athanasoupolus y Shale, 1997; Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003, 2004), con excepción de Ng y Li (2000) que consideran el número de publicaciones.

La producción científica generalmente ha sido aproximada a través del *índice o factor de impacto* elaborado por el (ISI) en su *Journal Citation Report (JCR)* (García Valderrama, 1996; Trillo, 2002). Se trata de un índice que muestra la relación entre el número de citas recibidas por una revista en un año concreto y el número de artículos que esa revista publicó en los dos años anteriores. O dicho de otra manera, es un índice que mide el número de veces que en un año determinado se citan, en media, los artículos contenidos en las revistas de dos años anteriores (Martín, 2007).

Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2009) señalan que el uso del factor de impacto para medir los resultados de la actividad investigadora implica reconocer como investigación tan sólo una parte de la producción científica de las universidades, dejando fuera otros formatos como patentes, libros, entre otros. Así también, mencionan que el factor de impacto que elabora ISI no debería ser empleado de manera directa para efectuar comparaciones entre universidades, centros, departamentos o personas sin antes realizar las correcciones pertinentes de sesgos.

Otros trabajos incluyen como indicadores de investigación *el gasto en investigación total* (Hernangómez *et al.* 2007) o *los ingresos procedentes de proyectos de investigación* (Ahn, Charnes y Cooper, 1988 y 1989; Abbott y Doucouliagos, 2003; Flegg *et al.* 2004; Johnes *et al.* 2005; Agasisti y Johnes, 2009; Agasisti y Pérez Esparrells, 2010; Thanasoullis *et al.* 2011), donde este último indicador nos informa de la repercusión externa de la investigación.

Existe una controversia sobre la naturaleza de los ingresos de la investigación en la evaluación de la eficiencia de la universidad. Por citar, Cave, Hanney y Kogan (1997) y Tomkins y Green (1988) exponen que estas variables deben emplearse como *proxy* para medir el output. Sin embargo, autores como Johnes y Taylor (1990), Johnes y Johnes (1993, 1995) consideran que los ingresos deben manejarse como inputs. La recogida y clasificación de datos de investigación relacionados merecen un comentario especial. Si bien puede haber un cierto desacuerdo sobre la clasificación de los ingresos

de investigación como un input, en teoría es apropiado, ya que representa un recurso más que un resultado de la investigación.

Los resultados de la investigación (outputs) pueden ser en forma de una ponderación de publicaciones, o el número de publicaciones, o el dinero indexado por el número de publicaciones, que finalmente retorna a la universidad. Por supuesto, cuando el objetivo de los cambios de análisis de eficiencia de la producción de la investigación sea con un punto de vista puramente financiero, entonces es bastante aceptable enlistar los ingresos de la investigación como un output (Avkiran, 2001).

Desafortunadamente, en lo que concierne a la transferencia del conocimiento no hay variables explícitas que se empleen en las evaluaciones de la eficiencia técnica de las universidades públicas españolas, lo cual significa un amplio campo por descubrir.

Si bien la investigación constituye un output de, relativamente, fácil medición, la docencia es un output cuya evaluación presenta cierta dificultad, sobre todo a nivel de información por departamentos, mientras que a nivel de universidad existe una mayor disponibilidad de diversos indicadores.

Entre los indicadores en términos cuantitativos, que se han empleado para medir el output de docencia, se encuentran, entre los más frecuentes, el *número de alumnos equivalentes a tiempo completo*⁶¹ (Ahn y Seiford, 1993; Coelli, Prasada y Battese, 1998; Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003; Johnes *et al.* 2005; Thanasoullis *et al.* 2011), o *el número de estudiantes matriculados en grado y posgrado* (Ahn, Charnes y Cooper, 1988; Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006).

Otra variable empleada con frecuencia es *el número de alumnos que abandonan con éxito el grado*, también llamada *número de graduados o egresados* (Ahn y Seiford, 1993; Athanasoupolus y Shale, 1997; Gómez Sancho, 2005; Hernangómez *et al.* 2007; Agasisti y Johnes, 2009; Agasisti y Pérez Esparrells, 2010). Así también, *el número de titulados a nivel de grado y posgrado* (Athanasoupolus y Shale, 1997; Abbott y

⁶¹ De acuerdo a Abbott y Doucouliagos (2003), en años anteriores algunos estudios han empleado como indicador cuantitativo del output, el número de graduados en lugar del número de matriculados.

Doucouliafos, 2003; Flegg *et al.* 2004; Afonso y Santos, 2008); y el número de titulaciones (Abbott y Doucouliagos, 2003); actúan como variables *proxy*.

Cabe mencionar algunas otras variables como las empleadas por Avkiran (2001): *la tasa de retención de estudiantes, la tasa de éxito de estudiantes y la tasa de empleo a tiempo completo de los graduados*. Mientras que, Hernangómez *et al.* (2007) utilizan diversos indicadores en proporciones (*el porcentaje de alumnos que terminan respecto a los matriculados, el porcentaje de profesores con sexenios, porcentaje de dobles titulaciones/número de titulaciones, número de titulaciones de segundo ciclo/número de titulaciones, número de programas de doctorado/número de departamentos, número de alumnos extranjeros entrantes/número de alumnos matriculados y, el número de provincias distintas donde hay campus/número de provincias donde hay campus en España*) dado que su estudio gira alrededor de diversas variables estratégicas basadas en la teoría de la organización.

Algunos autores, como Abbott y Doucouliagos (2003) y Madden, Savage y Kemp (1997), han recomendado que para evaluar el rendimiento productivo de las universidades, es preciso emplear un sistema de evaluación que utilice, tanto indicadores cuantitativos, como cualitativos. Como por ejemplo, indicadores relacionados con los resultados académicos de los alumnos (clasificaciones, tasas de aprobado, tasas de fracaso escolar y sobre todo, el número de graduados) (Athanassopoulos y Shale, 1997; Beasley, 1990; Avkiran, 2001) o indicadores que valoran el proceso de enseñanza, tales como la evaluación por colegas (*peer review*) (Johnes, 1995) y las encuestas de opinión de los alumnos (Sinuary-Stern *et al.* 1994; González, Lafuente y Mato, 1998; Pina y Torres, 1995; Martín, 2005).

3.3.2. Inputs

Una vez descritas las variables *proxy* de los outputs comúnmente empleados, en este subepígrafe se exponen las variables que identifican a los inputs necesarios para el desarrollo de las actividades de docencia e investigación. Las actividades básicas de la universidad son producidas dados ciertos inputs que pueden ser comunes o diferenciados, según los outputs establecidos por las instituciones de educación superior.

Al revisar la literatura empírica sobre la evaluación de la eficiencia educativa superior, se ha encontrado que, en relación a los inputs, estos se suelen clasificar según representan recursos financieros, recursos humanos y recursos físicos (materiales). Cabe mencionar que, en adición, existe también una escasez de información acerca de inputs no físicos, tanto como la experiencia, información y supervisión (Abbott y Doucouliagos, 2003).

Con base en la revisión de los estudios previos sobre la evaluación de la eficiencia técnica de las universidades públicas en España y otros países, se presentan las variables *proxy* de los inputs, agrupando por tipo de recursos (véase cuadros 3.3 y 3.4). En relación a los recursos físicos hay sólo dos ejemplos, el número de departamentos (Hernangómez *et al.* 2007) y el capital –aproximado como el número de puestos disponibles en aulas, bibliotecas, laboratorios y aulas de informática- (Duch, 2006).

Cuadro 3. 3. Variables *proxy* de los inputs, recursos humanos

Recursos humanos	Autores
1.Número de estudiantes de grado y posgrado ETC	Athanasoupolus y Shale, 1997
2.Número de Personal Académico ETC	Athanasoupolus y Shale, 1997; Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003; Gómez Sancho, 2005; Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006; Hernangómez <i>et al.</i> 2007; Agasisti y Pérez Esparrells, 2010
3.Puntuación media del nivel de entrada de los estudiantes en los últimos tres años	Athanasoupolus y Shale, 1997
4. Número de personal no académico ETC	Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003; Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006
5. Número de investigadores	Ng y Li, 2000
6. Número de personal de apoyo en investigación	Ng y Li, 2000
7. Número de doctores	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
8. Inversa de la antigüedad	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
9.Porcentaje alumnos por profesor	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
10.Número de estudiantes de 1º y 2º, y 3º ciclo	Agasisti y Pérez Esparrells, 2010

Fuente: Elaboración propia.

En los estudios tanto para el caso de España como en otros países se observa que en recursos humanos destacan como variable *proxy* el profesorado y se emplean distintos indicadores. La variable que más destaca es el *número de profesores equivalente a tiempo completo* (Athanasoupolus y Shale, 1997; Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003; Gómez Sancho, 2005; Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006; Hernangómez *et al.* 2007; Agasisti y Pérez Esparrells, 2010). Esta variable es considerada como la más aproximada para captar la dedicación del profesorado, sin embargo, en algunas ocasiones por la carencia de información sobre ésta se emplea el número total de profesores.

Otros estudios, como los de Johnes y Johnes (1993, 1995) efectúan una aproximación más exacta y miden el *número de profesores a tiempo completo en términos de personas-año empleadas*. En algunos estudios el número de profesores equivalente a tiempo completo se complementa con *el número de personal no académico equivalente a tiempo completo* (Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003; Parrellada y Duch, 2006; Duch, 2006).

Así también emplean *el número de estudiantes de primero, segundo y tercer ciclo* equivalente a tiempo completo (Athanasoupolus y Shale, 1997); y la misma variable pero sin ETC (Agasisti y Pérez Esparrells, 2010). El estudio de Hernangómez *et al.* (2007), emplea el profesorado ETC y se complementa con *el número de doctores, inversa de la antigüedad, porcentaje alumnos por profesor*.

En los trabajos donde el objetivo es únicamente evaluar la eficiencia en el ámbito de la investigación, se emplean como variables de los recursos humanos al *número de investigadores, becarios de investigación* (González, Lafuente y Mato, 1998; Caballero *et al.* 2000; Galache *et al.* 2010; Ng y Li, 2000).

Cuadro 3. 4. Variables *proxy* de los inputs, recursos financieros

Recursos financieros	Autores
1.Ingresos de investigación	Athanasoupolus y Shale, 1997; Ng y Li, 2000
2.Gastos en los servicios de biblioteca e informática	Athanasoupolus y Shale, 1997
3.Valor del activo fijo	Ahn, Charnes y Cooper, 1989; Ahn y Seiford, 1993; Abbott y Doucouliagos, 2003
4.Gastos corrientes en bienes y servicios	Ahn, Charnes y Cooper, 1988 y 1989; Coelli <i>et al.</i> 1998; Abbott y Doucouliagos, 2003; Gómez Sancho, 2005; Hernangómez <i>et al.</i> 2007
5.Los recursos presupuestarios no financieros que incluyen: a) recursos propios –tasas y precios públicos, ingresos patrimoniales y enajenación de inversiones reales-; b) recursos ajenos –transferencias corrientes y de capital-; y c) los ingresos en I+D.	Parrellada y Duch, 2006
6.Precios asociados al Personal Docente e Investigador (PDI) equivalente a tiempo completo (calculado como los gastos de personal de funcionarios y contratados, CRUE / el número de personas PDI)	Duch, 2006
7.Precios asociados al Personal de Administración y Servicios (calculado como los gastos de PAS, CRUE / número de personas, PAS)	Duch, 2006
8.Gastos de inversión real; de inversión real/PETC; de inversión real (2004)/PETC	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
9.Gastos presupuestarios	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
10.Gastos de personal; de personal/PETC; de personal (2004)/PETC	Hernangómez <i>et al.</i> 2007
11.Presupuesto total universitario	Ng y Li, 2000; Agasisti y Pérez Esparrells, 2010
12. Gasto total promedio por estudiante	Breu y Raab, 1994; Afonso y Santos, 2008

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los recursos financieros, se incluyen como indicadores diversos tipos de gastos: *los gastos corrientes en bienes y servicios* (Ahn, Charnes y Cooper, 1988 y 1989; Coelli *et al.* 1998; Abbott y Doucouliagos, 2003; Gómez Sancho, 2005; Duch, 2006, Hernangómez *et al.* 2007), *los gastos en los servicios de bibliotecas e informática* (Athanasoupolus y Shale, 1997), *los gastos presupuestarios* (Duch, 2006; Hernangómez *et al.* 2007), *los gastos de inversión real, los gastos de personal* (Hernangómez *et al.* 2007).

Otras variables son *los recursos presupuestarios no financieros* (Parrellada y Duch, 2006) y *el presupuesto total universitario* (Agasisti y Pérez Esparrells, 2010). Y

otra variable *proxy* de los recursos financieros son *los ingresos por investigaciones* (Athanasopolus y Shale, 1997; Ng y Li, 2000).

Por último, en relación a los recursos materiales, se tienen dos estudios que utilizan como variables *proxy* los siguientes indicadores: *el número de departamentos* (Hernangómez *et al.* 2007) o *el capital aproximado como el número de puestos disponibles aulas, bibliotecas, laboratorios y aulas de informática* (Duch, 2006).

En el caso de los indicadores utilizados en el área de recursos financieros, se observa una mayor dispersión en la elección de las variables que lo aproximan, a diferencia de los recursos humanos y físicos.

3.4. Selección de variables *proxy* de inputs y outputs

Antes de llevar a cabo la aplicación de alguna metodología para evaluar la eficiencia de las universidades, es esencial la selección con mucha cautela de los componentes de la función de producción educativa a nivel superior.

La selección de las variables que vamos a utilizar en el modelo es la fase más importante del desarrollo de una evaluación mediante la técnica DEA, debido a que la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos dependen en gran medida de la adecuada elección de las mismas. En la revisión de literatura se ha observado cierta diversidad en los indicadores utilizados como variables *proxy* de inputs y outputs, en especial, éstos últimos. Esto puede justificarse como consecuencia de las diferencias existentes en relación a la disponibilidad de datos que, en muchas ocasiones, condiciona la elección de los indicadores.

En general, los indicadores de la actividad docente más utilizados son aquellas variables relacionadas con: el número de profesores, el personal de administración y servicios, el número de estudiantes de 1º, 2º y 3º ciclo, el número de graduados, servicios de infraestructura (bibliotecas, laboratorios, aulas de informática, etc.) y los recursos financieros.

Mientras que, en la actividad investigadora la elección de los outputs para el modelo conlleva una menor complejidad, ya que existe como hemos visto un relativo consenso en la definición de los mismos (García Valderrama, 1996) y la mayor

dificultad se centra en el acceso a la información requerida. Sin embargo, esta dificultad es cada vez menor como consecuencia del acceso a las nuevas tecnologías en el ámbito de la gestión universitaria. El número y tipo de publicaciones, el factor de impacto, los ingresos derivados de la investigación, el número de profesores doctores, el número de tesis doctorales defendidas, el número de alumnos matriculados de tercer ciclo y los resultados de diferentes tipos de evaluaciones de la investigación suelen ser las variables consideradas en representación del output de la investigación.

Asimismo, es importante limitar el número total de variables incluidas en el análisis, debido a la pérdida de poder discriminatorio que sufre el modelo cuando se combinan una cantidad elevada de variables. Es decir, cuanto mayor sea el número de inputs y outputs contenidos en el análisis, mayor será el número de unidades evaluadas como eficientes y menor será, por tanto el poder discriminatorio de la técnica DEA (Pedraja *et al.* 1994).

La selección de variables que vamos a utilizar en el modelo planteado en esta tesis se basa, por un lado, en la revisión de literatura sobre evaluación de eficiencia en la educación superior en España y en otros países mediante la técnica DEA, y por otro lado, en el análisis estadístico y econométrico realizado para esta investigación de posibles relaciones entre las variables seleccionadas.

Teniendo en cuenta la literatura hemos asumido que los inputs son homogéneos a través de las universidades, y que las variables *proxy* de los inputs son establecidas en función de la naturaleza de la utilización de los recursos humanos, financieros y materiales en el proceso productivo para obtener determinados outputs. Mientras que, en relación a las variables *proxy* de outputs suelen considerarse aquellas que son representativas de la actividad docente e investigadora de las universidades.

Inputs:

Hemos considerado la clasificación de inputs en: a) recursos humanos, b) recursos financieros, y c) recursos materiales. En primer lugar, los recursos humanos, los cuales se componen del Personal Docente e Investigador (PDI), el Personal de Administración y Servicios (PAS), y los estudiantes quienes son los directamente beneficiados de las actividades universitarias. En esta investigación hemos optado por el

Personal académico como variable proxy, medido como Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo, siendo en este recurso donde recae la responsabilidad de llevar a cabo la labor docente e investigadora, así también hemos incluido el Personal de Administración y Servicios. Y en relación a los recursos financieros se han considerado los gastos corrientes en bienes y servicios (en miles de euros), dato tomado del presupuesto liquidado de gastos de las universidades públicas españolas. La selección definitiva de las variables proxy está en función de los resultados del análisis exploratorio de las relaciones entre las diversas variables que se realiza en el siguiente subepígrafe. Por lo que respecta a los recursos materiales no han sido considerados.

Outputs:

Los indicadores de output tratan de medir el rendimiento o nivel de actividad de los programas y servicios, que en la universidad son la docencia, investigación y gestión/transferencia del conocimiento. En consecuencia, las variables seleccionadas deberán ser representativas del volumen de actividad docente e investigadora llevadas a cabo por las universidades, y de la calidad de las mismas (Pina y Torres, 1995).

La actividad de docencia es fundamental en la sociedad porque sus resultados se perciben de manera inmediata. La labor docente se traduce principalmente en la formación de alumnos en los diferentes grados y posgrados, aunque no resulta tan sencillo definir variables que representen con precisión el resultado de la actividad docente. Las variables que más se han empleado en los estudios analizados son: número de alumnos graduados, número de alumnos matriculados en 1º, 2º y 3er ciclo. En el presente estudio, los resultados de la labor docente son representados por el número de alumnos graduados de primero y segundo ciclo.

La labor investigadora constituye el otro gran núcleo de actividad efectuada por las universidades y la tarea a la que el PDI presta mayor dedicación en determinadas universidades. La actividad investigadora, principalmente, se materializa en la publicación de artículos en revistas especializadas (factores de impacto de las publicaciones), libros, patentes los cuales son producto de la participación en proyectos de investigación con fondos públicos o privados y formación de nuevos investigadores a través de la impartición de doctorados y dirección de tesis. De este modo, la medición

del output de la investigación resulta una tarea de menor complejidad en términos de medición que la de docencia, ya que sus resultados son más tangibles y además existen criterios cada vez más consensuados que facilitan la evaluación de la calidad del mismo (Martín Vallespín, 2008).

Los indicadores que hemos seleccionado como variables *proxy* del output investigación son el número de publicaciones y los ingresos de la investigación básica y aplicada medida en miles de euros, (la cual está sujeta a verificar su participación como output o input en el análisis empírico que se efectúa en el siguiente subepígrafe).

La forma en la que suele estimarse el valor del output investigación de las universidades ha demostrado ser un tópico muy controvertido, como se ha visto. No solo porque es necesario capturar la cantidad del producto, el cual puede ser medido de diferentes maneras, sino también la calidad del producto que debe ser justificada.

De Groot *et al.* (1991) en su trabajo de universidades americanas incorporaron una medida de ambos outputs de investigación (bibliométrico) y calidad (*peer review*). Otros como Athanassoupoulos and Shale (1997), Avkiran (2001), Abbott y Doucouliagos (2003) y Johnes y Johnes (1993) evalúan la cantidad y calidad de la investigación usando índices ponderados de publicaciones de investigación. Johnes y Taylor (1991), por ejemplo, midieron el output de investigación usando medidas convencionales de publicaciones y análisis de citas y el ingreso por investigación.

El uso de las citas como una medida de calidad para la investigación también ha sido usado en un número de estudios de Norteamérica, basada en el *Anual Social Science Citation Index*. Harris (1990), sin embargo, argumenta que, con un número pequeño de excepciones, para Australia los académicos tienden a publicar en *journals* que no son ampliamente citados en los *journals* listados en SSCI, lo cual limita la utilidad de esta medida en el caso australiano.

Una alternativa al uso de un índice ponderado de publicaciones es el uso de la financiación externa para investigación atraída por la universidad como una *proxy* para el output de investigación. Cave, Hanney y Kogan (1997), y Tomkins y Green (1988) sugieren que las subvenciones a investigación reflejan el valor del mercado de la misma conducida y que puede, además, ser considerada como una *proxy* de la investigación.

Sin embargo, Johnes y Johnes (1993) argumentan que las subvenciones son gastos, no solo sobre la asistencia en investigación, sino también sobre otros servicios los cuales son inputs dentro de la producción. Es preciso ser cuidadoso porque si se incluyen las subvenciones, tanto como outputs e inputs, eso es un argumento para la doble contabilización (Abbott y Doucouliagos, 2003).

De acuerdo a Kao y Hung (2008), aunque la docencia y la investigación han sido consideradas por la mayoría de las personas como las dos mayores tareas de la universidad, ellas son difíciles para medir. Por lo que son necesarios algunos indicadores que sean capaces de representar el logro de esas dos tareas.

La selección de inputs y outputs factores para la evaluación del rendimiento de las universidades usando la técnica DEA ha sido discutida en varios estudios (Tomkins y Green, 1988; Sinuany-Stern Z, Mehrez A., Barboy A., 1994; Johnes y Johnes, 1995; Abbott y Doucouliagos, 2003). Hay por lo menos dos dificultades a la hora de decidir los indicadores, por un lado, es la disponibilidad de datos, y por el otro, es la medición de la calidad porque hay una carencia de una base común para comparar la calidad de diferentes trabajos de investigación y la subjetividad que está usualmente involucrada.

3.4.1. Definición de variables *proxy*

Avkiran (2001) señala que debería estar claro que, por ahora, no hay ningún estudio definitivo para guiar la selección de inputs/outputs en las aplicaciones educativas del DEA. Mientras que, los outputs pueden ser generalmente categorizados en docencia, investigación, y servicios, es muy difícil para encontrar medidas reales para esas dimensiones. Por tanto, es posible para el analista seleccionar un grupo/serie parsimonioso de outputs deseados, probando que ellos puedan ser razonadamente manifestaciones de los inputs. En el presente estudio, se han elegido diferentes combinaciones de variables *proxy* en términos cuantitativos, donde los inputs seleccionados se refieren a los recursos humanos y financieros, y los outputs como derivados de las actividades docentes y de investigación.

Siguiendo la sugerencia de Pina y Torres (2001), a continuación, se definen de forma detallada las variables *proxy* de los inputs y outputs que se proponen utilizar en el análisis de eficiencia técnica de las universidades.

Cuadro 3. 5. Definiciones de inputs y outputs

<i>Nombre de las variables</i>	<i>Definición</i>
<i>Inputs</i>	
Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo (PDIETC)	Número total del Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo, contemplando tanto funcionarios como contratados (es decir, todo el PDI).
Personal de Administración y Servicios (PAS)	Número total del Personal de Administración y Servicios, integrado por funcionarios y laborales (es decir, todo el PAS).
Gastos corrientes en bienes y servicios (GCBS)	Se refiere a los gastos corrientes en bienes y servicios, conforma el capítulo 2 de operaciones corrientes del presupuesto de gasto de las universidades (en miles de euros).
<i>Outputs</i>	
Número de graduados (GRADS)	Número total de alumnos que en el curso académico correspondiente han concluido los estudios universitarios de primer y segundo ciclo, correspondientes al Catálogo Oficial de Titulaciones y/o de titulaciones propias equivalentes, con independencia de que hayan o no solicitado la emisión del título en los centros universitarios.
Monto I + D (MID)	Se compone de la suma de investigación básica: el monto total liquidado correspondiente a «ayudas a la investigación ⁶² » y «proyectos de investigación ⁶³ » (en miles de euros), y de la investigación aplicada : registra los importes liquidados en el ámbito del artículo 83 de la L.O.U. y LOUMLOU, es decir, los contratos y convenios formalizados con terceros para la prestación de servicios de investigación, consultoría y asesoramiento (en miles de euros) (CRUE, 2010, p. 359).
Producción científica anual por universidad (PCAU)	Número de artículos ISI (revistas indexadas en <i>Journal Citation Reports</i>), documentos publicados al año por cada universidad entre 2002 y 2008, i.e. con al menos un autor de la universidad en cuestión. Los datos son recogidos de la Plataforma Web of Science (<i>Science Citation Index, Social Science Citation Index, y Arts & Humanities Citation Index</i>) ⁶⁴ .

Fuente: CRUE (2010) y A4 (2011).

La elección de la dimensión organizacional objeto de estudio, el tamaño de la muestra y los indicadores de inputs y outputs, son algunos de los aspectos críticos que condicionan la utilidad de la investigación y el impacto de sus conclusiones (Martín Vallespín, 2008). En efecto, la selección de factores es un insumo crítico por el investigador al usar el DEA (Avkiran, 2001).

⁶² “Las ayudas a la investigación, recogen la financiación anual liquidada en el presupuesto con destino a atender los gastos derivados de la iniciación o desarrollo a las actividades investigadoras realizadas individual y/o colectivamente por grupos de investigación, distintos de la realización de proyectos tales como: ayudas para asistencias a congresos, estancias, publicaciones, organización de eventos científicos, etc.” (CRUE, 2010, p. 357).

⁶³ “Los proyectos de investigación, recogen la financiación anual liquidada en el presupuesto con destino a atender el desarrollo de la actividad investigadora realizada por personas y/o grupos de investigación” (CRUE, 2010, p. 357).

⁶⁴ Los registros se han descargado con al menos una dirección española en el campo “address” y posteriormente se ha filtrado por el tipo institucional “Universidad” (A4, 2011).

El cálculo de los índices de eficiencia relativa con diferentes modelos genera información sobre el comportamiento de las DMUs (universidades) en varias dimensiones, por consiguiente, permitirá orientar la acción gerencial. El enfoque de producción fue usado aquí para diseñar el modelo llamado “eficiencia global de las universidades”.

El argumento en el modelo de rendimiento global es que las universidades emplean personal académico y no académico con determinados gastos para producir licenciados, master, especialistas, doctores, y generar outputs de investigación. Se supone que, el número de personal debe captar la dimensión del capital humano en input; y los gastos representan el capital financiero. La inclusión del número de graduados como output reconoce la importancia de esta medida en la financiación a nivel de gobiernos regionales y central. Así también, esta variable refleja como exitosamente el personal de las distintas universidades está “entregando” los servicios educativos a la sociedad. Y el número de documentos publicados al año (artículos ISI⁶⁵), es la variable *proxy* del output investigación.

Modelo 1, “eficiencia global de las universidades”

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
-Personal Docente e Investigador (equivalente a tiempo completo)	-Número de alumnos graduados en 1º y 2º ciclo
-Personal de Administración y Servicios (equivalente a tiempo completo)	-Número de artículos ISI (revistas indexadas en <i>Journal Citation Reports</i>), documentos publicados al año por cada universidad
-Gastos corrientes en bienes y servicios	

⁶⁵ Es preciso expresar que esta variable observa una limitación porque recoge el número de publicaciones de cada universidad sin antes haber filtrado el dato, lo que significa la existencia de ciertos problemas como la doble contabilización del artículo o también la asignación de publicaciones a la universidad incorrecta. Existe la propuesta de un indicador de producción científica ponderado que recoge soluciones a los problemas antes mencionados y que ha sido aplicado a las universidades públicas españolas para un año específico-2000- (véase Gómez-Sancho y Mancebón-Torrubia, 2010). Sin embargo, cabe mencionar que en esta tesis la depuración de esta variable para cada año de estudio no pudo ser realizada debido al trabajo bibliométrico intensivo y extensivo requerido para esta tarea, además del requerimiento de financiación y tiempo.

Y con el afán de observar el impacto de la financiación externa para investigación atraída por la universidad como una *proxy* para el output de la investigación, hemos agregado el monto I+D (investigación básica y aplicada) (véase modelo siguiente). Los inputs son los mismos como en el primer modelo.

Modelo 2, “eficiencia global de las universidades”

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
-Personal Docente e Investigador (equivalente a tiempo completo)	- Número de alumnos graduados en 1º y 2º ciclo
-Personal de Administración y Servicios (equivalente a tiempo completo)	- Número de artículos ISI (revistas indexadas en <i>Journal Citation Reports</i>), documentos publicados al año por cada universidad
-Gastos corrientes en bienes y servicios	- Monto I+ D (investigación básica y aplicada)

En un primer momento, se han definido dos combinaciones de variables input-output para evaluar la eficiencia técnica de las universidades públicas presenciales españolas durante el periodo de 2000 a 2009. Sin embargo, siempre existe el peligro de excluir a una variable de rendimiento importante debido a la falta de datos adecuados o a las limitaciones impuestas por los tamaños de muestra pequeños. O bien, existe la incerteza de incluir las variables que mejor representan los recursos y las actividades de docencia e investigación de las DMUs evaluadas. Por lo tanto, para sustentar empíricamente la mejor combinación de variables *proxy* de inputs y outputs hemos realizado un análisis estadístico y econométrico, paso fundamental en cualquier modelo de eficiencia.

3.4.2. Evidencia empírica de las relaciones entre variables seleccionadas: Modelando el proceso de investigación

Éste subepígrafe tiene como objetivo evidenciar empíricamente los vínculos entre los resultados de investigación (número de artículos ISI), los ingresos de investigación, el personal académico y no académico, y los gastos corrientes en bienes y

servicios de las universidades públicas españolas durante los cursos académicos de 2000/01 a 2008/09.

Mediante esta exploración observaremos si las variables *proxy* antes seleccionadas son significativas en términos estadísticos, y con base en los resultados decidiremos su utilización como inputs y outputs.

Para desarrollar el objetivo expuesto, se utiliza información para 47 UUPPPP españolas en el período 2000-2009⁶⁶. Durante este tiempo se registran 48 universidades públicas operando en España, 47 de éstas son presenciales y una es no presencial (UNED), la cual por sus condiciones especiales que la diferencian del resto de instituciones ha sido excluida. La información disponible permite construir un modelo con datos en panel con 47 universidades observadas en cinco cursos académicos 2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09.

En el siguiente cuadro (3.6), se presenta un resumen de estadísticos descriptivos (valores medios, mínimos, máximos y desviación estándar) para los outputs y los inputs a través de las 47 universidades para cada uno de los cursos académicos analizados. Como se muestra, en el curso 2008/09 la universidad pública española en términos medios entregó títulos a 3.190 graduados y registró 707 artículos ISI. En promedio, esos outputs fueron logrados con 1.767 de Personal Docente e Investigador equivalente a Tiempo Completo y 1.062 de Personal de Administración y Servicios y con 25.791 (miles de euros) en gastos corrientes en bienes y servicios. Al mismo tiempo, los ingresos procedentes de investigación básica y aplicada sumaron 28.709 (miles de euros).

⁶⁶ La fuente principal de información es La Universidad Española en cifras. Información académica, productiva y financiera de las universidades españolas (diversos años), informe publicado bianualmente por la CRUE. Y otras fuentes como el Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Educación, Alianza 4U (web of science). Dada la dificultad de obtener información directa de las propias instituciones de educación superior, el informe que elabora bianualmente la CRUE se constituye como la base de información más importante y homogénea en España, lo que permite, sin duda, hacer comparaciones a nivel institucional y regional fiables.

Cuadro 3.6. Estadísticos descriptivos de inputs y outputs de las universidades por curso académico, 2000/01-2008/09

Curso	Estadístico	PDIETC	PAS	GCBRS (miles de euros)	MIDR (miles de euros)	GRADUADOS	PCAU
2000/01	Media	1506	839	19672	12239	3507	-
	Desv. típ.	1027	633	12648	13360	2777	-
	Mínimo	208	134	4391	923	311	-
	Máximo	5085	3325	60336	64343	13472	-
	N. obs.	47	47	47	40	47	-
2002/03	Media	1578	901	21502	17225	3549	416
	Desv. típ.	1046	652	13318	15043	2574	350
	Mínimo	370	217	6297	893	512	45
	Máximo	5102	3509	64923	61084	13810	1629
	N. obs.	47	47	47	46	47	47
2004/05	Media	1645	959	22892	19657	3268	484
	Desv. típ.	1045	676	13828	19440	2063	399
	Mínimo	413	236	6168	2056	556	65
	Máximo	5077	3563	66606	107587	9938	1815
	N. obs.	47	47	47	42	47	47
2006/07	Media	1713	992	23832	22686	3114	587
	Desv. típ.	1097	700	14661	18563	1968	461
	Mínimo	401	244	6838	2575	599	76
	Máximo	5311	3848	73251	73190	9226	2104
	N. obs.	47	47	47	45	47	47
2008/09	Media	1767	1062	25791	28709	3190	707
	Desv. Est.	1115	760	15147	23693	1907	562
	Mínimo	400	252	6455	2209	709	90
	Máximo	5346	4136	68499	109199	8514	2576
	N. obs.	47	47	47	47	47	47

Fuente. Elaboración propia, a partir de CRUE, Ministerio de Educación, INE y A4 (varios años).

Asimismo, se aplicó un análisis de correlación⁶⁷ para observar la asociación entre las variables seleccionadas como inputs y outputs (ponderadas por el PDIETC):

Cuadro 3.7. Coeficientes de correlación

	MIDRXP	PASXP	GCBSP	PCAUXP
MIDRXP	1	0,29042	0,54167	0,60276
PASXP	0,29042	1	0,21496	0,25384
GCBSP	0,54167	0,21496	1	0,42289
PCAUXP	0,60276	0,25384	0,42289	1

Fuente. Elaboración propia, a partir de CRUE, Ministerio de Educación, INE y A4 (varios años).

De acuerdo con estos coeficientes de correlación podemos observar que el PAS es la variable que muestra una asociación mínima con el resto de variables, mientras que

⁶⁷ El coeficiente de correlación de Pearson cuantifica el grado de la relación lineal entre dos variables. El valor oscila entre -1 y 1, indicando un valor 0 relación lineal nula entre las variables, 1 relación lineal perfecta y positiva, y -1 relación lineal perfecta y negativa (Gujarati, 2004).

las variables GCBS, PCAU y MID si guardan una relación positiva y superior a 0,5 entre ellas. Estos hallazgos representan un primer antecedente de la importancia de la relación entre las diversas variables *proxy* seleccionadas para aproximar la eficiencia técnica que se desarrollará en el capítulo siguiente.

A continuación, se presenta un análisis de regresión para modelar el output de investigación utilizando como variable a explicar la producción científica anual por universidad (número de artículos ISI), en función del monto de investigación básica y aplicada (con y sin rezagos), gastos corrientes en bienes y servicios, Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo, y Personal de Administración y Servicios.

Para efectuar este análisis hemos tomado como referencia los artículos de Abbott y Doucouliagos (2004), y Moreno Saéz y Trillo del Pozo (2001). La estructura de producción científica para cada universidad i y período t evaluado, quedaría de la siguiente forma:

$$PCAU_{it} = MID_{it} + GCBS_{it} + PDIETC_{it} + PAS_{it} + \eta_i + u_{it} \quad (1)$$

donde:

$PCAU_{it}$: Producción científica anual de la universidad i en el año t

MID_{it} : Monto I+D (investigación básica y aplicada) anual para la universidad i en el año t

$GCBS_{it}$: Gastos corrientes en bienes y servicios para la universidad i en el año t

$PDIETC_{it}$: Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo para la universidad i en el año t

PAS_{it} : Personal de Administración y Servicios para la universidad i en el año t

η_i : Características intrínsecas de cada universidad (efectos individuales invariantes en el tiempo)

u_{it} : término de error

Reflexionando sobre las posibles relaciones entre dichas variables, en un principio se observa el problema de causalidad simultánea entre PCAU y MID, porque uno genera al otro y viceversa, y para corregir este problema se plantea aplicar rezagos

de 2 y 4 años a la variable MID, teniendo en mente que, si bien es cierto los recursos autorizados en el año t no se traducen de manera inmediata en publicaciones en el año t, más bien el número de documentos publicados son resultado de investigación realizada en años anteriores.

Así también, se propone eliminar el efecto tamaño ponderando cada una de las variables por el PDIETC_{it} (véase la ecuación 2). Los datos de MID_{it} y GCBS_{it} están en valores nominales, por tanto, se han transformado en valores reales utilizando el Índice de Precios de Consumo (grupo de enseñanza) con año base 2006: 100 (véase apéndice 3A). Para reducir la varianza presente en algunas de las variables, así como la heteroscedasticidad y para tener una interpretación en términos porcentuales, se han tomado las variables en logaritmos (véase ecuación 3).

$$PCAUi_t/PDIETC_{it} = MID_{it}/PDIETC_{it} + GCBS_{it}/PDIETC_{it} + PAS_{it}/PDIETC_{it} + \eta_i + u_{it} \quad (2)$$

$$\ln(PCAUi_t/PDIETC_{it}) = \ln(MID_{it}/PDIETC_{it}) + \ln(GCBS_{it}/PDIETC_{it}) + \ln(PAS_{it}/PDIETC_{it}) + \eta_i + u_{it} \quad (3)$$

Transformando la ecuación (3) en términos econométricos se tiene:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \eta_i + u_{it} \quad (4)$$

donde,

$Y_{it} = \ln(PCAUi_t/PDIETC_{it})$, variable dependiente

$X_{1it} = \ln(MID_{it}/PDIETC_{it})$, variable independiente

$X_{2it} = \ln(GCBS_{it}/PDIETC_{it})$, variable independiente

$X_{3it} = \ln(PAS_{it}/PDIETC_{it})$; variable independiente

η_i = Características intrínsecas de cada universidad (efectos individuales invariantes en el tiempo)

u_{it} = término de error

A partir de esta forma funcional y con información de 47 universidades públicas españolas para los cursos académicos (2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09),

se analiza aquí un modelo de regresión con datos de panel no balanceado⁶⁸, diferenciando por efectos fijos y efectos aleatorios⁶⁹. Los parámetros estimados para la ecuación (4), así como sus diversas variaciones, son presentados en el cuadro 3.8⁷⁰.

Cuadro 3.8. Determinantes del output investigación en UUPPPP españolas, 2000-2009

<i>ln (PCAU / PDIETC)</i>	<i>Constante</i>	<i>ln (MIDR/ PDIETC)</i>	<i>ln (GCBSR/ PDIETC)</i>	<i>ln (PAS/ PDIETC)</i>	<i>R² ajustado</i>	<i>Test Hausman</i>	<i>Tamaño de la muestra</i>
Modelo 1							
<i>Effect fixed</i>	-3,00 (-19,82)***	0,05 (1,84)*	0,64 (11,08)***	0,06 (0,43)	0,92	-	180
<i>Effect Randoms</i>	-2,85 (-20,02)***	0,10 (3,58)***	0,56 (10,34)***	0,11 (0,93)	0,68	0,0004	-
Modelo 2							
<i>Effect fixed</i>	-3,04 (-29,91)***	0,05 (1,83)*	0,65 (11,52)***	-	0,92	-	180
<i>Effect Randoms</i>	-2,93 (-28,03)***	0,10 (3,60)***	0,56 (10,72)***	-	0,68	0,0001	-
Modelo 3							
<i>Effect fixed</i>	-3,03 (-16,93)***	0,05 (1,91)*	0,65 (10,08)***	0,02 (0,15)	0,92	-	166
<i>Effect Randoms</i>	-2,81 (17,27)***	0,09 (3,55)***	0,56 (9,47)***	0,12 (0,93)	0,67	0,0010	-
Modelo 4							
<i>Effect fixed</i>	-3,05 (-24,77)***	0,05 (1,92)*	0,66 (10,73)***	-	0,92	-	166
<i>Effect Randoms</i>	-2,91 (-23,71)***	0,09 (3,50)***	0,58 (10,07)***	-	0,67	0,0002	-
Modelo 5							
<i>Effect fixed</i>	-2,96 (13,56)***	0,05 (2,13)**	0,65 (9,20)***	0,09 (0,55)	0,94	-	123
<i>Effect Randoms</i>	-2,67 (13,66)***	0,10 (3,84)***	0,54 (8,37)***	0,21 (1,47)	0,64	0,0002	-
Modelo 6							
<i>Effect fixed</i>	-3,05 (-20,27)***	0,05 (2,11)**	0,66 (9,98)***	-	0,94	-	123
<i>Effect Randoms</i>	-2,86 (-19,59)***	0,09 (3,81)***	0,57 (9,20)***	-	0,65	0,0001	-

Nota:

Modelo 1: $Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \eta_i + u_{it}$

Modelo 2: $Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_3 X_{3it} + \eta_i + u_{it}$

Modelo 3: $Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it-2} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \eta_i + u_{it}$

Modelo 4: $Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it-2} + \beta_3 X_{3it} + \eta_i + u_{it}$

Modelo 5: $Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it-4} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \eta_i + u_{it}$

Modelo 6: $Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it-4} + \beta_3 X_{3it} + \eta_i + u_{it}$

Los valores entre paréntesis son los estadísticos t. *, **, *** es la significancia estadística a los niveles de 10%, 5% y 1%, respectivamente.

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

⁶⁸ Un modelo con datos en panel es un modelo de regresión que utiliza, para estimar los parámetros, la variabilidad temporal y transversal de los datos (Gujarati, 2004). En este caso como el número de observaciones difiere entre los miembros del panel, se dice que es un panel no balanceado.

⁶⁹ Esta connotación hace referencia al modo en que se considera la heterogeneidad inobservable (efectos individuales invariantes en el tiempo) transversal en su correlación con los regresores a perturbación aleatoria (Gujarati, 2004).

⁷⁰ El software *Econometrics Views* 6.0 fue utilizado para realizar todas las estimaciones presentadas en el cuadro 3.8.

Los modelos mostrados en el cuadro anterior se diferencian entre sí por dos características: a) la introducción de la variable PAS en la especificación de los modelos 1, 3 y 5, mientras que, en los modelos 2, 4 y 6 dicha variable no fue incluida; b) la aplicación de rezagos a la variable monto I+D, en los modelos 1 y 2 esta variable no incluye rezagos, en los modelos 2 y 4 se considera esta variable con dos años de rezagos y en el caso de los modelos 3 y 6 la variable presenta cuatro años de rezago.

En cada uno de los modelos hemos aplicado el test de Hausman⁷¹, donde la hipótesis nula de este test es la de efectos aleatorios (efectos individuales no correlacionados con los regresores) frente a la hipótesis alternativa de efectos fijos (efectos individuales correlacionados con los regresores). Al observar los valores que arroja la prueba de Hausman, se rechaza la hipótesis nula de efectos aleatorios, por tanto, optamos por el modelo con efectos fijos.

En los modelos estimados con la opción de efectos fijos, observamos que las variables de monto I+D y los gastos corrientes en bienes y servicios ponderadas por el PDIETC manifiestan ser inputs significativos en términos estadísticos y guardan una relación positiva con la producción científica, mientras que, el PAS resulta ser una variable no significativa estadísticamente como input para explicar el comportamiento de la producción científica por universidad.

En el caso de la variable monto I+D, cabe mencionar que, en los primeros cuatro modelos dicha variable es estadísticamente significativa con un nivel de significancia del 10%, mientras que, en los dos últimos modelos se mantiene significativa con un nivel del 5%. Hemos seleccionado el modelo 5 como la mejor opción para observar la significatividad del monto I+D en el comportamiento de la producción científica, con base en que los ingresos de la investigación (monto I+D) se traducen en publicaciones en un período de tiempo superior a 3 años y no de manera inmediata para el caso de las UUPPPP españolas.

Con valores de R^2 ajustado superiores a 0,90 se tiene muy buena bondad de ajuste, los estadísticos t corroboran la significatividad de las variables MIDR y GCBSR,

⁷¹ Es una prueba para comparar las estimaciones de los coeficientes calculados por efectos fijos y aleatorios (Gujarati, 2004)

y la prueba F manifiesta que en forma conjunta la especificación del modelo es aceptable.

Dada la verificación de pruebas, podemos afirmar que el PAS como variable *proxy* de los recursos humanos no presenta una relación con la producción científica de las universidades, como una parte de la actividad investigadora. Mientras que los ingresos de investigación (monto I + D) al considerarse como una variable *proxy* de inputs, se vuelve más significativa (del 10% al 5%) estadísticamente cuando se le aplican cuatro rezagos en lugar de dos rezagos, lo que nos lleva a sugerir su introducción como input en el análisis de eficiencia de las universidades públicas españolas.

Para la muestra de universidades analizadas, con la información disponible y el análisis de regresión efectuado podemos concluir que la producción científica es un buen indicador de output de investigación para el DEA, los ingresos de investigación (MID) con retardo de 4 años pueden considerarse como una variable *proxy* de input estadísticamente significativa con un nivel de 5%, el PAS es una variable no significativa en términos estadísticos para la producción científica.

3.4.3. Definiendo la combinación de inputs y outputs

Haciendo uso de una de las ventajas del Análisis Envolvente de Datos, siendo ésta que el investigador puede elegir distintas combinaciones de inputs y outputs, y dada la evidencia empírica antes descrita, se han elegido dos combinaciones de inputs y outputs, lo que nos permitirá analizar la eficiencia de las UUPPPP españolas desde diferentes perspectivas o aproximaciones. Por su carácter no paramétrico la técnica DEA presenta uno de los principales problemas, esto es, que los resultados pueden ser muy sensibles a la especificación del modelo, puesto que no se dispone de ninguna prueba que permita observar si la selección de variables es adecuada (Pedraja y Salinas, 1996).

Ahn y Seiford (1993) muestran en su estudio que los índices de eficiencia calculados mediante el modelo DEA son muy sensibles a la selección de variables realizada. Y para comprobar la robustez de los resultados obtenidos, diversos autores han examinado las variaciones que se producen en los mismos cuando se evalúa la

eficiencia de los diferentes objetos de estudio utilizando conjuntos alternativos de variables. Al realizar un análisis comparativo se permite cualificar los índices obtenidos ya que, si no existen diferencias significativas entre los resultados al emplear distintos conjuntos de variables, los índices de eficiencia logrados por las universidades no podrán ser atribuidos a la selección de variables efectuadas.

En este sentido, hemos planteado las siguientes combinaciones de variables⁷² con base en los trabajos previos sobre la evaluación de la eficiencia de las universidades, así como en los resultados obtenidos del análisis estadístico y econométrico aquí realizado:

Modelo 1

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
-Personal Docente e Investigador (equivalente a tiempo completo)	-Número de alumnos graduados en 1º y 2º ciclo
-Gastos corrientes en bienes y servicios	-Número de artículos ISI publicados al año por universidad

Modelo 2

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
-Personal Docente e Investigador (equivalente a tiempo completo)	- Número de alumnos graduados en 1º y 2º ciclo
- Gastos corrientes en bienes y servicios	- Número de artículos ISI publicados al año por universidad
- Monto I+ D (investigación básica y aplicada) con rezago de 4 años	

Una vez definida la combinación de variables para evaluar la eficiencia de las universidades públicas españolas, en el siguiente capítulo se realizará la aplicación empírica del modelo DEA convencional (rendimientos variables a escala) y el índice de Malmquist.

⁷² Cabe mencionar que estas variables seleccionadas como *proxy* de inputs y outputs, de acuerdo al estudio de Palomares Montero y García Aracil (2011) se encuentran dentro del grupo de los indicadores de mayor importancia y que deben ser tenidos en cuenta en los procesos de evaluación de las universidades públicas españolas, según la opinión de 37 expertos españoles en materia de evaluación que se recoge en un análisis DELPHI realizado en la tesis doctoral de la primera autora.

3.5. Recapitulación

En este capítulo se han revisado los estudios previos sobre la aplicación del DEA en la educación superior, con la finalidad de visualizar las ventajas y desventajas de utilizar unos u otros inputs (recursos) y outputs (resultados) en la aproximación de las actividades desarrolladas por las universidades.

Las actividades desarrolladas por las universidades, generalmente se concretan en outputs de docencia y outputs de investigación. Ambas tareas se traducen en la formación de alumnos y en la producción científica (artículos, libros, patentes, conferencias-*proceedings*-, entre otros) como resultados de la actividad docente e investigadora. No obstante, se han expuesto las principales variables utilizadas en los trabajos existentes en la literatura para medir ambos productos, comprobando que la identificación y selección de las variables no es tan sencilla como pudiese parecer y los resultados difieren según la metodología seleccionada.

Al revisar la literatura se ha observado que los inputs suelen clasificarse según representen los recursos humanos (estudiantes, personal académico y no académico, etc.), financieros (gastos corrientes, gastos de inversión, ingresos de investigación, entre otros) y materiales (número de puestos disponibles en aulas, bibliotecas, aulas de informática); y en cuanto a los outputs comúnmente son utilizados los productos de la actividad docente (número de matriculados, graduados, etc.) y de la actividad investigadora (número de publicaciones, factores de impacto, fondos externos de investigación). Se ha corroborado que existen algunas discrepancias respecto a las variables que caracterizan el proceso productivo, en términos de inputs y outputs. Sin embargo, la elección decisiva de las variables, está en función de la información disponible de cada universidad, lo que confirma las diferencias encontradas en toda la literatura de los trabajos analizados.

La selección cuidadosa de los inputs y outputs participantes en el proceso de producción educativo universitario es uno de los aspectos clave para la evaluación de la eficiencia técnica mediante la técnica DEA, debido a que la fiabilidad de los resultados depende en gran medida de la adecuada elección de las mismas. Sin embargo, como los expertos señalan, por ahora, no hay ningún estudio definitivo para guiar la selección de inputs/outputs en las aplicaciones educativas del DEA.

Por tanto, esto nos lleva a fundamentar la selección de las variables sobre las que se realizará el análisis de eficiencia (que se abordará en el capítulo 4) en los estudios previos que se han efectuado sobre el tema. Así mismo, hemos buscado fundamentar empíricamente dichas variables seleccionadas a partir de un análisis de correlación y un análisis econométrico realizado para la base de datos en panel disponible (47 UUPPPP con cinco cursos académicos).

Dentro de lo posible en este capítulo se ha recogido valiosa información estadística y econométrica sobre la relación entre inputs y outputs que caracteriza las actividades de las UUPPPP españolas, incorporando un horizonte temporal (2000-2009) para fortalecer los resultados que se presentarán en el siguiente capítulo. Los resultados obtenidos del análisis empírico nos han permitido corroborar que la producción científica (número de artículos ISI) se caracteriza como una variable proxy significativa para aproximar la actividad investigadora de las universidades públicas españolas.

Así también, observamos que los ingresos de la investigación utilizada como variable proxy de input, incrementa su significancia estadística al pasar de un rezago de dos a cuatro años; y el Personal de Administración y Servicios (PAS) resulta ser una variable no significativa en términos estadísticos y econométricos al considerarse como un input para explicar el comportamiento de la producción científica de las universidades públicas españolas.

En el presente estudio, con base en la revisión de literatura y con el apoyo de análisis estadístico y econométrico se ha propuesto concretar la selección de tres inputs aproximando los recursos utilizados por las universidades evaluadas (PDIETC, gastos corrientes en bienes y servicios, y los ingresos de la investigación- utilizada sólo cuando se evalúa la actividad investigadora de las universidades-) y dos outputs (graduados y producción científica-número de artículos ISI-) para aproximar los resultados de la actividad docente e investigadora. Dichas combinaciones de inputs y outputs serán utilizadas en el siguiente capítulo para analizar la eficiencia y el cambio de la productividad de las universidades públicas presenciales españolas.

CAPÍTULO 4

EFICIENCIA TÉCNICA Y CAMBIO DE PRODUCTIVIDAD, MEDIANTE EL ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS. EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS ESPAÑOLAS

CAPÍTULO 4. EFICIENCIA TÉCNICA Y CAMBIO DE PRODUCTIVIDAD, MEDIANTE EL ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS. EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS ESPAÑOLAS

4.1. Introducción

En los últimos años a nivel mundial, un aumento de la atención en el rendimiento de las Instituciones de Educación Superior (en adelante, IES) ha estimulado los estudios que evalúan resultados de las universidades en el mundo académico. Por ejemplo, una serie de estudios sobre la eficiencia de los centros de enseñanza superior en el Reino Unido (Johnes y Johnes, 1993, 1995; Beasley, 1995; Athanassoupoulos y Shale, 1997; Flegg *et al.* 2004; Johnes *et al.* 2005; Johnes, J. 2006; Thanassoullis *et al.* 2011, entre otros) seguido de las medidas de política adoptadas por el gobierno británico destinado en el uso de indicadores de desempeño para la asignación de fondos públicos.

Del mismo modo, las medidas de política en Australia propuestas a aumentar la eficiencia en la educación superior desde la década de 1980, tales como la consolidación de las IES en un número menor de grandes universidades y la introducción de asignación competitiva de fondos para la investigación, que también ha incrementado los estudios que evalúan la eficiencia de las instituciones de educación superior (Coelli *et al.* 1998; Madden, Savage, y Kemp, 1997; Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003). Por otra parte, estudios similares también están disponibles para otros países - por ejemplo, Italia (Agasisti y Dal Bianco, 2006), Brasil (Marinho, Resende y Façanha, 1997), China (Ng y Li 2000; Johnes y Yu, 2008), Portugal (Afonso y Santos, 2008), y Taiwán (Kao y Hung 2008).

En el caso de España, hay diversos estudios (Gómez Sancho, 2005; Duch, 2006, Duch y Parrellada, 2006; Hernáiz *et al.* 2007, Agasisti y Pérez Esparrells, 2010), sin embargo, por lo común dichos análisis DEA consideran sólo un año de estudio. Por el contrario, nuestro estudio aborda un conjunto de años (multiperíodo) que permite analizar la evolución de la eficiencia técnica (modelo DEA con rendimientos variables a escala) y el cambio de la productividad (a través del Índice de Malmquist), utilizando

como metodología base el análisis envolvente de datos (DEA). Por lo tanto, este trabajo constituye el primer estudio de análisis de eficiencia y productividad de las Universidades Públicas Presenciales Españolas desde un enfoque dinámico para un periodo de tiempo amplio 2000-2009.

Cabe mencionar que, en las dos últimas décadas, el Sistema Universitario Español (SUE) se ha encaminado hacia la búsqueda de la mejora de su rendimiento/desempeño, algunas veces motivado por el gobierno español y otras por los gobiernos regionales. Ese esfuerzo comenzó a finales de los años ochenta con la importancia adquirida en la actividad de investigación, al cambiar las fuentes de sus ingresos debido a cambios de estructura legal en la forma que el personal académico puede acceder a fondos de financiación desde distintos niveles de administración (regional, nacional o europeo).

En este sentido el SUE cambió de un modelo basado en la actividad de docencia fundamentalmente a otro que combina la enseñanza e investigación. Mediante el presente análisis empírico se pretende examinar la variación en eficiencia técnica de 47 universidades públicas españolas en el período 2000/01 a 2008/09, así como observar el cambio de la productividad total de factores de dichas instituciones y los posibles factores (cambio de eficiencia técnica y cambio tecnológico) que propician tal comportamiento.

Tras la introducción, este capítulo está organizado en los siguientes seis apartados: una revisión de literatura sobre aplicación de la técnica DEA en la educación superior, una descripción del diseño de la investigación para aplicar el DEA, la estimación empírica de la eficiencia técnica, un repaso de los principales estudios sobre Índice de Malmquist aplicado al ámbito del sector universitario, la medición del cambio de la productividad total de factores y sus componentes en las UUPPPP españolas y la correspondiente recapitulación.

4.2. Revisión de literatura sobre evaluación de eficiencia en educación superior, mediante la técnica DEA

4.2.1. Estudios a nivel internacional

A partir de los años ochenta, es cuando diversos autores efectúan ciertas aplicaciones de la metodología DEA a las instituciones de educación superior. Desde esos tiempos y hasta la actualidad, la aplicación de la técnica envolvente de datos ha sido continúa, aunque no tan constante.

A medida que se tienen avances, se han adoptado nuevas herramientas y el problema se ha abordado de distintas formas. La aplicación de la técnica DEA en el ámbito internacional, ha predominado en el análisis a nivel institucional y un poco menos por departamentos universitarios.

En relación a la aplicación de la técnica DEA en los departamentos universitarios se diferencian entre aquellos que comparan áreas de conocimiento entre diversas universidades, y los que comparan departamentos dentro de la misma universidad. En 1988 se publica el trabajo de Tomkins y Green donde se evalúa la eficiencia global de 20 departamentos de contabilidad en Gran Bretaña. En los trabajos de Beasley (1990 y 1995) se comparan los niveles de eficiencia productiva alcanzados por 52 y 50 departamentos de Química y Física, respectivamente; además, el segundo estudio busca determinar la eficiencia en investigación y enseñanza conjuntamente, utilizando restricciones ponderadas.

En 1993 Johnes, G. y Johnes, J⁷³. exploran varios modelos para medir la eficiencia técnica en 36 departamentos de economía del Reino Unido y en 1995 Johnes, G. amplía su estudio para 60 departamentos. Sarafoglou y Haynes en 1996 efectúan un estudio para los departamentos de economía y empresa en 7 universidades de Suecia. Madden, Savage y Kemp (1997) evalúan la eficiencia en los departamentos de economía en 24 de las universidades australianas. Çokgezen (2009) evalúa la eficiencia técnica a nivel de facultades de economía comparando instituciones públicas y privadas

⁷³ Estos autores discuten los potenciales problemas en la elección de inputs y outputs. Así también, proveen una buena guía sobre la interpretación de resultados de eficiencia.

en Turquía (véase cuadro 2, apéndice 4B). Respecto a las aplicaciones del DEA donde comparan departamentos pertenecientes a una misma universidad, destaca el artículo de Sinuany-Stern, Mehrez y Barboy (1994) que evalúan la eficiencia relativa de 21 departamentos académicos en la Universidad Ben-Gurion en Israel⁷⁴, entre otros.

Por otro lado, los estudios que han utilizado la técnica DEA para investigar la eficiencia relativa de las universidades, en un primer momento, intentaron discernir si eran más eficientes las universidades públicas o las privadas. En 1988, Ahn, Charnes y Cooper examinaron la eficiencia de las universidades estadounidenses, donde resultaron más eficientes las públicas que las privadas. Cabe resaltar que ellos optaron por agrupar las universidades entre aquellas que tenían o no facultades de medicina, justificándolo por su elevado coste. En 1989, dichos autores comparan entre sí IES en el estado de Texas. En 1993, Rhodes y Southwick para el caso estadounidense observaron que las universidades privadas eran más eficientes que las públicas. En 1993, Ahn junto a Seiford abren la discusión sobre cómo medir la eficiencia de las universidades, al mismo tiempo comprueban la robustez de los resultados al emplear diferentes especificaciones de los modelos y variando las variables utilizadas, además resultó que las instituciones públicas emergieron como más eficientes que algunas privadas.

A continuación, abordamos los trabajos que han evaluado la eficiencia de las universidades de un mismo país. En la década de los años noventa destacaron: Breu y Raab (1994) que miden la eficiencia relativa de las 25 universidades mejor situadas en los rankings de los Estados Unidos (según el ranking *US News and World Report*). En 1997, Athanassopoulos y Shale examinan la eficiencia comparativa entre costes y resultados de 45 universidades en el Reino Unido. También en el mismo año, Sarrico *et al.* evaluaron 90 instituciones de educación superior del Reino Unido. En 1997, Marinho, Resende y Façana estudian a las universidades federales brasileñas. En 1998, Hanke y Leopoldseeder realizan un estudio de eficiencia para el caso de las universidades austriacas. El trabajo de McMillan y Datta (1998) está referido a las universidades canadienses. En 1998, Coelli reportó sus intentos de medir el rendimiento de la Universidad de New England relativo a otras 35 universidades australianas.

⁷⁴ Un desglose detallado sobre la literatura internacional donde se evalúan centros y departamentos se puede encontrar en Gómez Sancho (2005).

En la primera década del siglo XXI, se registran diversos estudios destacando: en el año 2000, Ng y Li examinan la eficacia de la reforma educativa aplicada a mediados de 1980 en China, efectuando un estudio sobre la eficiencia de la investigación de 84 instituciones de educación superior chinas. En 2001, Avrikan investiga la eficiencia técnica y de escala de 36 universidades públicas australianas. En 2003, Abbott y Doucouliagos efectúan un estudio para las universidades públicas australianas, aplicando el DEA para todas las universidades públicas en conjunto, así también fueron analizadas por separado teniendo en cuenta la agrupación por rankings bajos y altos, por tipo de universidades según fuesen regionales o urbanas, por clusters estadísticos y otra agrupación que se basa en la distinción *CAE (Colleges of Advanced Education-University)*. En 2004, Taylor y Harris analizan la eficiencia relativa entre las universidades sudafricanas. Agasisti y Dal Bianco, en 2006, estudian la eficiencia técnica del sistema universitario italiano. Afonso y Santos, en 2008, estiman la eficiencia productiva de las universidades públicas portuguesas con datos relativos al año de 2003. Johnes y Yu realizan un estudio para las instituciones de educación superior chinas en el año 2008.

Cabe destacar, que en años recientes, han cobrado importancia los trabajos que estudian en conjunto la eficiencia y la productividad de las universidades para un país, utilizando como metodología base el Análisis Envolvente de Datos. En 2005, Worthington y Lee estudian la eficiencia, tecnología y el cambio en la productividad en las universidades australianas para 1988-2003. También en el mismo año, Johnes, G. *et al.* evalúan la eficiencia relativa para 121 IES británicas y para cuatro subgrupos (Pre-1992 universidades sin escuelas de medicina, Pre-1992 universidades con escuelas de medicina, Post-92 universidades, y Colegios SCOP) entre 2000/01 y 2002/03, mediante la técnica DEA con una orientación input y output. Ya en 2011, Thanassoullis *et al.* evalúan la eficiencia relativa mediante la técnica DEA con orientación input a las Instituciones de Educación Superior en Inglaterra para evaluar su estructura de costes, eficiencia y productividad.

Como se ha comprobado, el análisis de eficiencia y rendimiento de la educación superior universitaria se ha aplicado usualmente a universidades en un país. Sin embargo, Jourmady y Ris (2005) reportan resultados para varios países europeos (Austria, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, los Países Bajos, España y Reino Unido),

sobre la base de datos de encuestas. Cabe mencionar también la aplicación de la técnica DEA para evaluar la eficiencia entre sistemas de universidades comparando dos países. Para el año 2009, Abbott y Doucouliagos realizan un estudio sobre competencia y eficiencia en las universidades en Australia y en Nueva Zelanda. En 2009, Agasisti y Johnes evalúan la eficiencia técnica relativa de instituciones de educación superior inglesas e italianas. En 2010, Agasisti y Pérez Esparrells evalúan la eficiencia técnica entre las universidades públicas de España (sistema descentralizado) e Italia (sistema centralizado).

Como se evidencia, la aplicación del DEA en el contexto internacional para el sector universitario ha sido mucho más prolífica a nivel institucional que en el caso de los departamentos. En el apéndice 4A (véase cuadro 2), se muestran los estudios sobre eficiencia para universidades, con la finalidad de contar con una revisión detallada de los avances en la aplicación de la técnica DEA en el sistema universitario a nivel internacional.

Dichos trabajos de estimación de eficiencia técnica están configurando un primer avance necesario, tanto en términos positivos porque manifiestan un “*benchmarking*” de eficiencia de las instituciones estudiadas, principalmente universidades públicas, como en términos normativos, al proporcionar información en la definición de políticas públicas en el ámbito de la educación superior (Pérez Esparrells y Gómez Sancho, 2010).

4.2.2. Estudios a nivel nacional

En este epígrafe se realiza una revisión de la literatura sobre la evaluación de la eficiencia, mediante la técnica DEA, en educación superior para el caso de España. Cabe resaltar que este tipo de estudios es relativamente reciente respecto a otros países (EE.UU., Inglaterra, Canadá, Australia) dado que las primeras investigaciones tuvieron lugar a inicios de los años noventa.

En primer lugar, se abordan los estudios centrados en el análisis de departamentos que integran a una misma universidad. Destacando, en 1999, el trabajo de García Valderrama y Gómez Aguilar, en el cual se evalúan 21 grupos de investigación de la facultad de ciencias de la Universidad de Cádiz. En 2002, Trillo del

Pozo realiza su estudio para 34 departamentos de la Universidad Politécnica de Cataluña. En 2000 Caballero *et al.* aplican el DEA para la Universidad de Málaga, para el mismo año, Castrodeza y Peña estudian la eficiencia en la Universidad de Valladolid.

En 2004, Giménez y García aplican la técnica a 42 departamentos de la Universidad Autónoma de Barcelona. Para el 2005, Martín Rivero estudia la eficiencia en la asignación de recursos en la Universidad de la Laguna. En 2007, De Asís Díez analiza la eficiencia de los departamentos universitarios de la Universidad de Sevilla. Y en 2008, Martín Vallespín analiza el rendimiento en docencia e investigación de 52 departamentos de la Universidad de Zaragoza.

En segundo lugar, se tienen los estudios por área de conocimiento destacando en 1995 el trabajo de Pina y Torres, en el cual se evalúan 22 departamentos de contabilidad en el curso 1991-1992, y en 2003 Martínez Cabrera evalúa la eficiencia de 23 departamentos de análisis económico en el curso 1994-1995.

En tercer lugar, se mencionan los estudios centrados en las universidades como unidades de referencia, entre los cuales han destacado en 2005 Gómez Sancho con la evaluación de la eficiencia productiva de 47 universidades públicas españolas utilizando el modelo DEA multiactividad, que permite diferenciar la eficiencia alcanzada en las funciones docente e investigadora, y el modelo DEA convencional.

En 2006, Parrellada y Duch analizan la gestión de las CC.AA. del sistema universitario español y si el proceso de descentralización que se ha desarrollado en este ámbito competencial, ha tenido algún efecto sobre los resultados del modelo universitario; analizan la eficiencia productiva de 47 universidades públicas presenciales mediante el modelo DEA convencional. Para el mismo año, Duch elabora una monografía sobre la eficiencia técnica y asignativa de 47 universidades públicas españolas, usando el modelo DEA convencional.

Para el año 2007, Hernangómez *et al.* realizan un análisis comparativo de la eficiencia de las universidades públicas de Castilla y León (Universidad de Salamanca, Universidad de Valladolid, Universidad de Burgos y la Universidad de León), entre sí y frente al resto de universidades públicas españolas (siendo un total de 48 universidades públicas), todo ello bajo el escenario del Espacio Europeo de Educación Superior; dicho

análisis se efectúa a través del modelo DEA con restricciones en las ponderaciones, destacando que el análisis de eficiencia también se realizó por grupos estratégicos. En 2009, Vilalta Ferrer y Guillén Martínez evalúan la eficiencia técnica de 46 universidades públicas presenciales mediante la técnica DEA y el análisis de regresión (-modelo tobit- influencia de los inputs no controlables en los resultados de eficiencia).

Y en 2010, Agasisti y Pérez Esparrells presentan un análisis de la eficiencia para 46 universidades públicas presenciales para España y 57 universidades públicas para Italia, con una perspectiva de comparación entre países, con la finalidad de identificar las similitudes y diferencias en términos de eficiencia técnica. Este análisis emplea un modelo DEA convencional para cada país y en conjunto, destacando los efectos regionales (para el caso de Italia, las regiones norte, centro y sur, y para España se distingue entre comunidades de vía rápida y vía lenta), y calculando también el índice de Malmquist. Para el mismo año, Duch-Brown y Vilalta investigan sobre la relación entre la gobernanza y la eficiencia, con datos de 46 universidades públicas españolas, usando el modelo DEA (Supereficiencia), y controlando por varios factores ambientales, aplican un análisis de regresión y un modelo de valores no paramétricos.

Por tanto, la aplicación del DEA en el contexto español para el sector universitario ha sido mucho más prolífica en el caso de los departamentos, que en el caso de las universidades, quizás por los problemas de homogeneidad de la muestra. También se observa que existen diferencias entre los diversos autores al evaluar la eficiencia, porque algunos consideran a todas las universidades públicas como todo un conjunto, y otros forman grupos de universidades con el propósito de aumentar la homogeneidad entre ellas.

Cabe destacar a los autores quienes evalúan la eficiencia en grupos homogéneos de universidades, Gómez Sancho (2005) agrupa las observaciones en función de su oferta de titulaciones, Hernangómez *et al.* (2007) efectúa las agrupaciones de acuerdo a diversas variables estratégicas basadas en la teoría de la organización, y Agasisti y Pérez Esparrells (2010) realizan agrupaciones para el caso de Italia por regiones (región centro, norte y sur) y en el caso de España por comunidades en función del proceso de descentralización (vía lenta y vía rápida).

En los apéndices 4A (cuadro 1) y 4B (cuadro 1), se muestran los estudios sobre eficiencia tanto para universidades como departamentos, con la finalidad de contar con una revisión detallada de los avances en la aplicación de la técnica DEA en la evaluación de la eficiencia técnica en el Sistema Universitario Español⁷⁵.

De acuerdo a Pérez Esparrells y Gómez Sancho (2010), los estudios de carácter empírico que analizan la eficiencia técnica de las instituciones de educación superior en España proporcionan una *pseudo* clasificación de las universidades españolas en función de su eficiencia. Dichos estudios emplean modelos que van desde los tradicionales (CCR, BBC y eficiencia de escala) hasta algunos más complejos (índices de Malmquist, el modelo DEA con restricción en las ponderaciones, o el modelo multiactividad, entre otros).

4.3. Diseño de la aplicación del DEA

Una vez revisada la literatura sobre la evaluación de la eficiencia técnica en educación superior tanto a nivel internacional como nacional, en este apartado se explicita el diseño de la aplicación del DEA para evaluar la eficiencia de las UUPPPP españolas. Para ello, hacemos un breve recuento de la elección del enfoque y algunas de sus limitaciones, como son la selección de la muestra y la selección de variables, temas tratados en capítulos anteriores.

De entre los enfoques existentes para cuantificar la eficiencia de unidades productivas como se ha indicado hemos optado por el enfoque no paramétrico, el análisis envolvente de datos (DEA), por las mayores ventajas que manifiesta para el ámbito de estudio (la educación superior pública). De acuerdo a Johnes y Johnes (1995), es la carencia de disponibilidad de las variables “precio” de este tipo que hace la técnica DEA un método atractivo para su uso en este contexto. Como hemos abordado en el capítulo uno, la evaluación de la eficiencia a través de la técnica DEA puede realizarse mediante la aplicación de diferentes modelos.

⁷⁵ Por otro lado, es preciso comentar el trabajo de Johnes y Salas-Velasco (2007) quienes calculan la eficiencia estimando una función de costes mediante una técnica paramétrica para una muestra restringida de 26 universidades españolas.

En el siguiente epígrafe hemos de señalar el modelo seleccionado para cuantificar la eficiencia en nuestro objeto de evaluación, lo cual nos llevará a especificar el tipo de rendimientos a escala que exhibe la tecnología de producción, así como la orientación del modelo (maximización de outputs o minimización de inputs).

4.3.1. Selección del modelo y sus opciones de análisis DEA

Habiendo elegido el enfoque para medir la eficiencia productiva, es preciso seleccionar el modelo más adecuado a aplicar a nuestro objeto de evaluación, así como señalar las opciones de análisis disponibles en el DEA, con la finalidad de cuantificar la eficiencia técnica de la mejor manera posible.

Como se ha visto en el capítulo uno, la evaluación de la eficiencia a través del DEA puede realizarse mediante la aplicación de diferentes modelos. La revisión de literatura nos ha permitido observar que, entre los modelos más utilizados para evaluar la eficiencia en la educación superior (universidades), destacan el modelo DEA convencional (CCR y BCC) aplicado sobre el conjunto de actividades (docencia e investigación) desarrolladas por las universidades. Así también, suele aplicarse el modelo DEA convencional (CCR y BCC) sobre un único programa universitario: docencia o investigación, donde estas actividades se consideran independientes. Por otro lado, se tienen la aplicación del modelo DEA con restricciones de ponderaciones en los inputs y outputs, y del modelo DEA multiactividad, (donde se asume que la docencia e investigación se producen conjuntamente compartiendo parte de los recursos).

En esta investigación hemos optado por el modelo DEA convencional aplicado en diferentes escenarios:

Escenario 1), sobre el conjunto de actividades (docencia e investigación) y sin considerar una muestra homogénea;

Escenario 2), sobre el conjunto de actividades y en grupos homogéneos⁷⁶;

⁷⁶ Este tipo de aplicación recibe la crítica de que el modelo convencional asume que la universidad evaluada es igual de eficiente en todas las actividades, lo que origina que esta alternativa se manifieste incapaz de evaluar por separado las actividades que son realizadas de forma simultánea. Ante lo cual hemos planteado, como suele hacerse en algunos

Escenario 3), sobre las actividades por separado (docencia e investigación) y en grupos homogéneos.

Cabe mencionar que el modelo DEA con restricciones en ponderaciones, también fue aplicado en esta investigación (sólo para el primer escenario), y los resultados obtenidos son bastante similares con los hallazgos del modelo DEA convencional, prefiriéndose este último por ser el modelo más aplicado en la literatura sobre evaluación de eficiencia en educación superior, en concreto universidades. Otro modelo que su uso no ha sido muy extendido en la literatura es el modelo multiactividad, que también fue considerado en su momento como alternativa, sin embargo, por ciertas dificultades en su metodología que hacen que los resultados para el caso de la educación superior no sean adecuados, se prefirió no utilizarlo en esta investigación.

Una vez seleccionado el enfoque y el tipo de modelo a utilizar, así como los diversos escenarios para el caso de las UUPPPP españolas, es preciso elegir entre las opciones de análisis disponibles en el DEA, que a continuación se mencionan:

a) Minimización de inputs (también conocida como orientación input) que instruye al DEA para reducir los inputs tanto como fuese posible sin disminuir los niveles de outputs. Por ejemplo, el analista podría optar por minimización de input en un ejercicio para ahorrar o disminuir costes.

b) Bajo la maximización de outputs, los outputs son incrementados sin acrecentar los inputs. Por ejemplo, si el gestor se enfoca en incrementar la productividad sin incrementar los recursos base, la maximización del output (comúnmente denominado como orientación output o expansión) sería especificada (Avkiran, 2001). Es importante notar que cuando ninguno de los inputs son controlables por el gestor, uno puede solo especificar el modelo de maximización de output.

En el sector universitario cabe destacar la característica de que los gestores de dichas unidades de evaluación buscan incrementar la productividad sin incrementar sus

trabajos aplicados, una estimación diferente de la eficiencia para cada una de las actividades (docencia e investigación) pero sin asignar específicamente los recursos compartidos a cada una de ellas, bajo el supuesto de que los procesos de producción pueden ser diferentes.

recursos, además de que manifiestan un grado de control mínimo sobre los recursos, ya que éstos vienen determinados por niveles superiores de la administración en función de unos criterios preestablecidos y fundamentalmente basados en la demanda.

Por ejemplo, la naturaleza funcionarial de gran parte del profesorado de la universidad española dificulta realizar recortes de la plantilla, no sólo a corto plazo, sino también a largo plazo. Por tanto, parece razonable suponer que los objetivos de los gestores públicos irán orientados hacia la obtención de los mejores resultados, es decir, hacia la consecución de mayores niveles de producción a partir de los recursos disponibles, en lugar de hacia una minimización de estos últimos sobre los que no ejercen casi ningún control (Caballero *et al.* 2000; Martínez, 2000, 2003; Martín, 2006).

La naturaleza del objeto de estudio nos conduce a seleccionar la opción de un análisis de maximización de output, es decir, un modelo DEA con orientación al output, para la evaluación de la eficiencia, lo que nos permitirá analizar en qué porcentaje las universidades públicas españolas pueden incrementar sus outputs de la actividad docente e investigadora a partir de los recursos disponibles.

Así también, el uso de esta orientación se sustenta por su aplicación en otros estudios de la misma índole. Dicho enfoque se refiere a que la eficiencia de cada unidad productiva observada está en función de la capacidad de cada productor para mejorar sus resultados, bajo ciertas limitaciones que representen la actividad del resto de unidades productivas.

Otra opción de análisis en el DEA es escoger entre rendimientos constantes a escala (CCR) y rendimientos variables a escala (BCC). Los rendimientos constantes a escala asumen que no hay una relación significativa entre la escala de operaciones y la eficiencia, esto es, las grandes universidades son tan eficientes como algunas pequeñas en convertir inputs a outputs. Por otro lado, los rendimientos variables a escala (BCC) significan que a un incremento en inputs se espera obtener un desproporcionado aumento en outputs. La opción BCC es preferida cuando una correlación significativa entre el tamaño de la unidad evaluada y la eficiencia puede ser demostrada en una gran muestra.

Para evitar la elección *a priori* de uno u otro tipo de rendimientos, se tiene la opción que consiste en cuantificar la eficiencia técnica bajo los dos supuestos y si la mayoría de las DMUs resultan con diferentes puntuaciones en los dos supuestos, entonces es seguro asumir BCC. Dicho de otra manera, si la mayoría de las DMUs se consideró que tenía una misma eficiencia, se puede utilizar CCR sin preocuparse de que la ineficiencia de escala podría confundir a la medida de la eficiencia técnica (Avkiran, 2001).

En nuestro caso, hemos optado por calcular la eficiencia considerando ambos supuestos (rendimientos constantes y variables a escala) y mediante los resultados obtenidos se observó que el número de DMU eficientes se incrementa al pasar de CCR a BCC⁷⁷, por lo que decidimos quedarnos con el modelo BCC y presentar únicamente los resultados con rendimientos variables a escala.

La evaluación de la eficiencia a través de la metodología DEA exige una serie de requerimientos, tales como: la selección de la muestra, la selección de variables proxy de inputs y outputs y los datos, para su adecuada aplicación.

4.3.2. Selección de la muestra, las variables y los datos

Las IES han sido tradicionalmente tratadas como un grupo homogéneo, aunque hay demasiada variedad entre ellas. Por tanto, en la presente investigación además de calcular la eficiencia para todas las universidades como un grupo único, también hemos buscado cumplir con la homogeneidad de la muestra, exigencia importante en la evaluación de la eficiencia al utilizar la metodología DEA. En el caso de las universidades públicas españolas, nuestro objeto de estudio, se ha recurrido a la técnica cluster para clasificarlas en grupos homogéneos (como se realizó en el capítulo 2). Los resultados obtenidos (véase cuadro 2.2) han manifestado que en el mapa universitario público español se identifican tres grupos de universidades (generalistas, semigeneralistas y técnicas) en función de la estructura del Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo por rama de conocimiento. Por tanto, los

⁷⁷ Disponible bajo petición a la autora.

grupos de universidades generalistas y semigeneralistas⁷⁸ han sido utilizado en los escenarios segundo y tercero (comentados en el subepígrafe anterior), donde se calcula la eficiencia para grupos homogéneos de universidades, con lo cual dentro de lo posible se cumple el requisito de la técnica DEA de la homogeneidad de la muestra.

Otro de los aspectos clave que el investigador debe tener presente en la medición de la eficiencia a través de la técnica DEA es la selección cuidadosa de las variables proxy de inputs y outputs involucrados en el proceso de producción de la educación superior (punto tratado en el capítulo tercero).

Como ya se ha mencionado una de las ventajas del DEA es la flexibilidad de incluir multi-inputs y multi-outputs, sin embargo, no debe olvidarse la selección cuidadosa de las variables, porque de acuerdo a los expertos al agregar más variables al análisis es posible que el número de DMU eficientes se incremente por que da lugar a que, aquellas unidades ineficientes tengan un parámetro más para compararse con el resto, lo cual podría llevar a resultados sesgados.

Es importante tener presente la afirmación de los estudiosos de que, con la técnica DEA, el número de unidades evaluadas como eficientes tienden a incrementar (y nunca a caer) cuando el número de inputs y outputs se incrementa (Nunamaker, 1985; Sexton *et al.* 1986). Así también, incluir muchas variables reduce el poder discriminatorio de la técnica (Athanassoupolus and Shale (1997). Según versa en Johnes y Johnes (1995), queda bien establecido que "los índices de eficiencia no pueden bajar cuando las variables adicionales, ya sean outputs o inputs, son agregadas al modelo" en un entorno DEA. Esto es análogo a los efectos de la adición de variables en el coeficiente de determinación en un análisis de regresión. Desafortunadamente, mientras que la inferencia estadística se puede utilizar como un medio para juzgar si una variable

⁷⁸ Entre los estudiosos del tema, suele usarse como regla para la selección del tamaño de muestra adecuado que debe ser por lo menos tres veces mayor que la suma del número de inputs y outputs. De acuerdo a los expertos, para discriminar efectivamente entre universidades eficientes e ineficientes, hay una necesidad de un mayor tamaño de muestra que el producto del número de inputs y outputs. Sin embargo, el DEA puede ser usado con muestras de menor tamaño, aunque en este caso, no hemos contemplado el grupo de universidades técnicas (integrado por 5 o 6 universidades) para el análisis de eficiencia.

debe ser incluida como un regresor en un análisis paramétrico, en el DEA no se dispone directamente de esta técnica estadística.

Mediante la revisión de literatura internacional y nacional sobre la evaluación de la eficiencia en la educación superior, y con el apoyo de análisis estadístico y econométrico realizado para el caso de las UUPPPP españolas, donde se modela la actividad investigadora de las universidades, se decide adoptar un enfoque parsimonioso en la combinación de inputs y outputs. Donde hemos seleccionado tres inputs para aproximar los recursos utilizados por las universidades evaluadas (profesorado, gastos corrientes en bienes y servicios, y los ingresos de la investigación- variable utilizada sólo cuando se evalúa la actividad investigadora de las universidades-) y dos outputs (graduados y producción científica –número de artículos ISI, documentos publicados al año por universidad-) para aproximar los resultados de la actividad docente e investigadora. Y las combinaciones de estas variables para evaluar la eficiencia de las UUPPPP españolas mediante el modelo DEA convencional (bajo rendimientos variables a escala y con orientación al output), desde los diversos escenarios (mencionados en el subepígrafe 4.3.1) se describen a continuación:

Para los escenarios 1) donde se evalúa la eficiencia sobre el conjunto de actividades universitarias para las 47 UUPPPP españolas como un grupo único; y 2) en el cual se evalúa la eficiencia sobre el conjunto de actividades para grupos homogéneos de universidades (generalistas, semigeneralistas y técnicas), la combinación de inputs y outputs a utilizar es la siguiente:

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
- Personal Docente e Investigador (equivalente a tiempo completo)	- Número de alumnos graduados en 1º y 2º ciclo
- Gastos corrientes en bienes y servicios	-Número de artículos ISI, documentos publicados al año por universidad

Mientras que en el escenario 3) donde se evalúa la eficiencia separando la función de producción educativa (en docencia e investigación) y para grupos homogéneos (generalistas y semigeneralistas) se utilizan las siguientes combinaciones de inputs y outputs:

En el caso de la actividad docente:

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Personal Docente e Investigador (equivalente a tiempo completo) - Gastos corrientes en bienes y servicios 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de alumnos graduados en 1º y 2º ciclo

En relación a la actividad investigadora se proponen las siguientes combinaciones de variables *proxy* inputs y outputs:

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Personal Docente e Investigador (equivalente a tiempo completo) - Gastos corrientes en bienes y servicios 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de artículos ISI, documentos publicados al año por universidad

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Personal Docente e Investigador (equivalente a tiempo completo) - Gastos corrientes en bienes y servicios - Monto I+ D (investigación básica y aplicada) con rezago de 4 años 	<ul style="list-style-type: none"> -Número de artículos ISI, documentos publicados al año por universidad

Haciendo uso de una de las ventajas del Análisis Envolvente de Datos, que el investigador puede elegir distintas combinaciones de inputs y outputs, y dada la evidencia empírica descrita en el capítulo tres, hemos elegido las anteriores

combinaciones de inputs y outputs, lo que nos permitirá analizar la eficiencia de las UUPPPP españolas desde diversas perspectivas o aproximaciones⁷⁹.

Es preciso también mencionar que, una de las mayores dificultades, al aplicar la técnica DEA en instituciones universitarias, es la complejidad en la obtención de los datos. Athanasoulas y Shale (1997) subrayan la importancia de la calidad de los datos necesarios para la evaluación de la eficiencia, bajo condiciones ideales de información, puede conducir a la evaluación de los resultados de eficiencia de las instituciones individuales.

En esta tesis, se han empleado como fuentes para las variables *proxy* de inputs y outputs (véase subepígrafe 3.4.1, capítulo 3) las publicaciones de la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE), Ministerio de Educación (ME), Instituto Nacional de Estadística (INE), Alianza 4U (Web of Science), para diversos cursos académicos (2000-2008) de 47 universidades públicas presenciales españolas.

Una vez revisados los cuatro cursos académicos seleccionados, y satisfechos dentro de lo posible los requisitos que contempla la utilización de la metodología DEA para evaluar la eficiencia técnica, estamos preparados para la aplicación de la misma en el caso de las universidades públicas españolas.

4.4. Estimación empírica de la eficiencia productiva para el caso de las UUPPPP españolas (2000-2009)

Como se señaló en el subepígrafe 4.2.2., el enfoque de la mayoría de los estudios DEA aplicados al caso español ha sido sobre el desempeño relativo de departamentos en una universidad determinada (véase cuadro 1, apéndice 4B). Cómo se ha visto en los últimos años destacan los trabajos que aplican la técnica DEA a nivel institucional, por ejemplo, Gómez Sancho, 2005; Duch y Parrellada, 2006; Hernangómez *et al.* 2008, entre otros, sin embargo, dichos estudios sobre instituciones consideran solo un año académico.

⁷⁹ Dada la revisión de literatura, se ha corroborado que existen discrepancias respecto a las variables que caracterizan el proceso productivo, en términos de inputs y outputs. Sin embargo, la elección decisiva de las variables está en función de la información disponible de cada universidad, lo que confirma las diferencias encontradas en los trabajos analizados.

Por el contrario, el objetivo principal en este capítulo es analizar la eficiencia técnica en varios años, así como la tendencia de la misma y los posibles factores que causan tal comportamiento. El período 2000/01-2008/09 fue escogido porque supone una consolidación del SUPE en su conjunto y especialmente de las 47 UUPPPP (donde las IES más jóvenes están consolidadas⁸⁰), y fue caracterizado por una expansión del SUPE, afectando al volumen de financiación pública, al número de estudiantes y de personal académico y no académico involucrados. En adición, las estadísticas universitarias (varios años) tienen una base de datos consistente para este período sobre las variables claves.

A continuación, se explicita la aplicación del modelo DEA convencional asumiendo rendimientos variables a escala (BCC) y con una orientación output a cada uno de los escenarios planteados con anterioridad, donde iremos de lo agregado a lo desagregado, presentando resultados y su respectiva interpretación en diversos cursos académicos 2002/2003, 2004/2005, 2006/2007 y 2008/2009, los cuales se describen de en el siguiente orden:

Escenario 1. Evaluación de la eficiencia técnica sobre el conjunto de actividades (docencia e investigación) para las 47 UUPPPP españolas, denominado también como “Modelo DEA global”;

Escenario 2. Evaluación de la eficiencia productiva sobre el conjunto de actividades (docencia e investigación) para los grupos homogéneos de universidades (generalistas, semigeneralistas y técnicas), también llamado como “Modelo DEA ajustado por homogeneidad”;

Escenario 3. Evaluación de la eficiencia técnica separando la función de producción educativa (sólo docencia y sólo investigación), y para los grupos de universidades generalistas y semigeneralistas, se ha denominado como “Modelo DEA ajustado por la función de producción separada y por homogeneidad”.

⁸⁰ Con carácter general, se suele considerar como una universidad consolidada aquella que cumple quince años de antigüedad (Ortega, Pérez Esparrells y Rahona, 2005).

4.4.1. Modelo DEA global (escenario 1)

Este tipo de modelo es el comúnmente utilizado en el análisis de la eficiencia en instituciones de educación superior, donde tradicionalmente las universidades son tratadas como un grupo homogéneo, aunque haya demasiada variedad entre ellas. Como una primera aproximación, con este modelo se pretende evaluar la eficiencia para 47 universidades públicas españolas en diferentes cursos académicos⁸¹.

Este modelo recoge como inputs el PDIETC y gastos corrientes en bienes y servicios, y como outputs se han seleccionado el número de graduados (1º y 2º ciclo) y el número de publicaciones. Una vez aplicada la técnica DEA a todas las universidades como un único grupo y evaluando conjuntamente las actividades de docencia e investigación, bajo rendimientos variables a escala y con orientación output, podemos observar que el índice de eficiencia no refleja una relación con el tamaño de las instituciones (medido en número de estudiantes) porque tanto universidades muy grandes (Universidad de Granada), grandes (Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad Autónoma de Madrid, etc.), medias (Universidad de Cantabria, Universidad de Girona, etc.) y pequeñas (Universitat Pompeu Fabra, entre otras) resultan eficientes.

⁸¹ Se hace uso del programa informático *Frontier Analyst 4.1*.

Cuadro 4.1. Índices de eficiencia técnica para 47 UUPPPP españolas (escenario 1)

2002-03		2004-05		2006-07		2008-09	
Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	88,23	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	99,56	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	100	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	100
U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100
U. CARLOS III DE MADRID	73,51	U. CARLOS III DE MADRID	61,33	U. CARLOS III DE MADRID	79,22	U. CARLOS III DE MADRID	85
U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100
U. de ALCALÁ DE HENARES	76,19	U. de ALCALÁ DE HENARES	59,81	U. de ALCALÁ DE HENARES	65,28	U. de ALCALÁ DE HENARES	75,14
U. de ALICANTE	83,81	U. de ALICANTE	85,85	U. de ALICANTE	78,5	U. de ALICANTE	80,92
U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	98,72	U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	97,53
U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100
U. de BURGOS	97,7	U. de BURGOS	92,44	U. de BURGOS	87,93	U. de BURGOS	83,81
U. de CÁDIZ	68,51	U. de CÁDIZ	73,38	U. de CÁDIZ	73,57	U. de CÁDIZ	81,85
U. de CANTABRIA	75,09	U. de CANTABRIA	84,35	U. de CANTABRIA	78,64	U. de CANTABRIA	76,13
U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	98,74
U. de CÓRDOBA	90,85	U. de CÓRDOBA	87,6	U. de CÓRDOBA	84,63	U. de CÓRDOBA	94,2
U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100
U. de GIRONA	76,73	U. de GIRONA	82,61	U. de GIRONA	88,36	U. de GIRONA	84,95
U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100
U. de HUELVA	100	U. de HUELVA	100	U. de HUELVA	87,99	U. de HUELVA	81,45
U. de JAÉN	97,07	U. de JAÉN	92,93	U. de JAÉN	92,34	U. de JAÉN	100
U. de LA CORUÑA	100	U. de LA CORUÑA	87,78	U. de LA CORUÑA	84,43	U. de LA CORUÑA	79,69
U. de LA LAGUNA	72,39	U. de LA LAGUNA	65,37	U. de LA LAGUNA	72,17	U. de LA LAGUNA	82,78
U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100
U. de las ISLAS BALEARES	85,5	U. de las ISLAS BALEARES	86,37	U. de las ISLAS BALEARES	84,8	U. de las ISLAS BALEARES	87,09
U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	65,79	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	63,89	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	69,72	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	47,56
U. de LEÓN	81,05	U. de LEÓN	82,05	U. de LEÓN	80,1	U. de LEÓN	89,63
U. de LLEIDA	94,48	U. de LLEIDA	98,02	U. de LLEIDA	77,77	U. de LLEIDA	83,19
U. de MÁLAGA	79,62	U. de MÁLAGA	81,95	U. de MÁLAGA	84,49	U. de MÁLAGA	87,43
U. de MURCIA	86,61	U. de MURCIA	88,29	U. de MURCIA	87,22	U. de MURCIA	91,1
U. de OVIEDO	78,15	U. de OVIEDO	79	U. de OVIEDO	97,01	U. de OVIEDO	76,9
U. de SALAMANCA	82,29	U. de SALAMANCA	89,99	U. de SALAMANCA	87,93	U. de SALAMANCA	80,94
U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	100	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	100	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	99,51	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	93,23
U. de SEVILLA	83,93	U. de SEVILLA	96,74	U. de SEVILLA	99,52	U. de SEVILLA	90,12
U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	93,66	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	97,05	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	98,91	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	100
U. de VALLADOLID	85,19	U. de VALLADOLID	79,96	U. de VALLADOLID	82,21	U. de VALLADOLID	74,43
U. de VIGO	100	U. de VIGO	100	U. de VIGO	92,41	U. de VIGO	87,46
U. de ZARAGOZA	76,83	U. de ZARAGOZA	69,95	U. de ZARAGOZA	63,48	U. de ZARAGOZA	62,34
U. del PAÍS VASCO	84,17	U. del PAÍS VASCO	94,11	U. del PAÍS VASCO	89,93	U. del PAÍS VASCO	83,89
U. JAUME I DE CASTELLÓN	82,94	U. JAUME I DE CASTELLÓN	84,95	U. JAUME I DE CASTELLÓN	73,11	U. JAUME I DE CASTELLÓN	71,66
U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	98,98	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	78,59	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	68,63	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	72,44
U. PABLO DE OLAVIDE	100	U. PABLO DE OLAVIDE	85,06	U. PABLO DE OLAVIDE	69,35	U. PABLO DE OLAVIDE	55,17
U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	100	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	100	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	100	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	100
U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	64,68	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	74,23	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	78,56	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	70,67
U. POLITÉCNICA DE MADRID	61,28	U. POLITÉCNICA DE MADRID	68,31	U. POLITÉCNICA DE MADRID	56,37	U. POLITÉCNICA DE MADRID	61,87
U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	63,9	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	73,41	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	74,4	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	66,46
U. POMPEU FABRA	82,08	U. POMPEU FABRA	100	U. POMPEU FABRA	78,01	U. POMPEU FABRA	100
U. PÚBLICA DE NAVARRA	91,24	U. PÚBLICA DE NAVARRA	68,33	U. PÚBLICA DE NAVARRA	70,77	U. PÚBLICA DE NAVARRA	71,64
U. REY JUAN CARLOS	88,73	U. REY JUAN CARLOS	70,15	U. REY JUAN CARLOS	73,17	U. REY JUAN CARLOS	61,67
U. ROVIRA I VIRGILI	100	U. ROVIRA I VIRGILI	99,41	U. ROVIRA I VIRGILI	100	U. ROVIRA I VIRGILI	100
Índice promedio	87,47	Índice promedio	86,84	Índice promedio	85,33	Índice promedio	84,45

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

Al analizar los resultados, hemos encontrado que las universidades ineficientes están tomando como punto de referencia a aquellas universidades eficientes (ubicadas en la frontera de la eficiencia), donde éstas instituciones con las mejores prácticas son muy diferentes en cuanto a estructura de inputs y outputs se refiere, por ejemplo, en el curso 2008/2009 la Universidad Miguel Hernández de Elche (con un índice de 72,44) tiene como punto referencia a la Universidad Politécnica de Cartagena (con un índice de 100), donde está última se caracteriza como universidad técnica, y así ocurre con otros casos, por tanto, queda manifiesta la situación donde se están comparando unidades muy disímiles entre sí. Otra forma de corroborar la disimilitud entre unidades evaluadas, es a través de los coeficientes de correlación, por ejemplo, en el curso

2002/2003 la correlación entre la universidad de la Rioja y la universidad de Extremadura es negativa (-0,2234), coeficiente que reflejaría el grado de relación negativa entre universidades.

Lo anterior nos conduce a comprobar que nos enfrentamos a una situación donde se están comparando unidades muy distintas entre sí, y por tanto no damos cumplimiento con el requisito, tan importante de la técnica DEA, que es la homogeneidad de la muestra, donde se compare lo comparable. Para superar dicha limitación hemos clasificado a las UUPPPP españolas mediante la técnica cluster, donde se han logrado identificar tres grupos de universidades (generalistas, semigeneralistas y técnicas), lo que nos lleva a plantear el segundo escenario, al que hemos aplicado la técnica DEA, y que a continuación trataremos.

4.4.2. Modelo DEA ajustado por homogeneidad (escenario 2)

Tradicionalmente, en la evaluación de la eficiencia técnica las universidades públicas españolas han sido tratadas como un grupo homogéneo, aunque es necesario observar que las universidades son diferentes entre sí observadas desde los outputs e inputs. En el caso de España, los antecedentes, con excepción del estudio de Gómez Sancho (2005), muestran que la aplicación de la técnica DEA se realiza para todas las universidades sin antes discriminar aquellas de características tan diferentes. Por ejemplo, el coste y perfil del output es muy diferente en las universidades con enfoque generalista a los observados en las universidades politécnicas.

Por lo que basándonos en los resultados del modelo anterior y para capturar éstas diferencias entre universidades, hemos planteado este nuevo modelo DEA (con rendimientos variables a escala y orientación output) para evaluar conjuntamente las actividades de docencia e investigación para cada grupo resultante del análisis cluster (Grupo de universidades generalistas, Grupo de universidades semigeneralistas y Grupo de universidades técnicas), y solucionamos en parte el problema observado en el modelo DEA global, que radicaba en que las universidades de referencia son distintas a aquellas ineficientes.

En primer lugar, presentamos el grupo de universidades generalistas que está integrado por aquellas universidades que mantienen una distribución uniforme del

Personal Docente e Investigador equivalente a tiempo completo entre las cinco ramas de conocimiento. En este caso no se refleja una concentración del PDIETC en determinadas ramas a diferencia de lo que ocurre en el resto de grupos. Al evaluar la eficiencia mediante la técnica DEA, bajo el modelo convencional BCC y con orientación output y con una muestra homogénea de universidades, pero sin separar el proceso productivo que en ellas se realiza (análisis conjunto de docencia e investigación), se obtienen los resultados que se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 4.2. Índices de eficiencia técnica para el grupo de universidades generalistas (escenario 2)

2002-03		2004-05		2006-07		2008-09	
Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score
U. CARLOS III DE MADRID	82,39	U. CARLOS III DE MADRID	62,2	U. CARLOS III DE MADRID	84,63	U. CARLOS III DE MADRID	88,05
U. de ALICANTE	85,58	U. de ALICANTE	88,18	U. de ALICANTE	81,53	U. de ALICANTE	100
U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	100
U. de BURGOS	97,7	U. de BURGOS	100	U. de BURGOS	100	U. de BURGOS	93,99
U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100
U. de GIRONA	80,09	U. de GIRONA	82,61	U. de GIRONA	98,18	U. de GIRONA	100
U. de HUELVA	100	U. de HUELVA	100	U. de HUELVA	94,66	U. de HUELVA	81,98
U. de JAÉN	100	U. de JAÉN	100	U. de JAÉN	100	U. de JAÉN	100
U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100
U. de las ISLAS BALEARES	86,4	U. de las ISLAS BALEARES	86,37	U. de las ISLAS BALEARES	93,81	U. de las ISLAS BALEARES	96,62
U. de LEÓN	81,64	U. de LEÓN	82,05	U. de LEÓN	86,9	U. de LEÓN	91,68
U. de MÁLAGA	85,31	U. de MÁLAGA	85	U. de MÁLAGA	86,89	U. de MÁLAGA	94,24
U. de OVIEDO	100	U. de OVIEDO	100	U. de OVIEDO	100	U. de OVIEDO	100
U. de SEVILLA	100	U. de SEVILLA	100	U. de SEVILLA	100	U. de SEVILLA	100
U. de VALLADOLID	100	U. de VALLADOLID	100	U. de VALLADOLID	100	U. de VALLADOLID	100
U. de VIGO	100	U. de VIGO	100	U. de VIGO	100	U. de VIGO	100
U. del PAÍS VASCO	100	U. del PAÍS VASCO	100	U. del PAÍS VASCO	100	U. del PAÍS VASCO	100
U. JAUME I DE CASTELLÓN	100	U. JAUME I DE CASTELLÓN	90,49	U. JAUME I DE CASTELLÓN	88	U. JAUME I DE CASTELLÓN	75,68
U. PABLO DE OLAVIDE	100	U. PABLO DE OLAVIDE	85,06	U. PABLO DE OLAVIDE	74,11	U. PABLO DE OLAVIDE	58,24
U. POMPEU FABRA	94,17	U. POMPEU FABRA	100	U. POMPEU FABRA	100	U. POMPEU FABRA	100
U. PÚBLICA DE NAVARRA	96,07	U. PÚBLICA DE NAVARRA	68,33	U. PÚBLICA DE NAVARRA	87,87	U. PÚBLICA DE NAVARRA	77,96
Índice promedio	94,73		91,92		94,12		93,26

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

El grupo de universidades generalistas se compone de 21 instituciones, y observamos que bajo rendimientos variables a escala más del 50 por cien de éstas reflejan eficiencia técnica en los cuatro años académicos. Al aplicar el DEA sólo a este grupo, los valores se notan más congruentes en comparación al DEA para las universidades en conjunto, dado que ahora estamos comparando unidades relativamente más parecidas entre sí, por ejemplo las universidades ineficientes tienen como punto de comparación aquellas universidades de un mismo tipo en cuanto a distribución del PDIETC, es decir, no se comparan universidades generalistas con universidades técnicas.

Considerando el mismo escenario (2), hemos calculado la eficiencia productiva para el grupo de universidades semigeneralistas, que es el grupo compuesto por siete universidades donde la participación del PDIETC recae en las ramas de Ciencias Sociales, Humanidades, Ciencias experimentales, Ciencias de la Salud, mientras que su participación en la rama de Técnicas es mínima, y los resultados obtenidos reflejan que todas son eficientes⁸² en los cursos académicos analizados.

En relación al grupo de universidades técnicas, durante el período de 2000/01 a 2008/09 son cinco instituciones las que integran este conglomerado, siendo pocos datos para aplicar dicha técnica. Ante esta situación, se propone aplicar dicha técnica DEA al grupo comparando con universidades de características similares⁸³ en otros países del Espacio Común Europeo, y otra alternativa es aplicar una metodología *bootstrap* para pequeñas muestras. Ambas opciones representan un campo amplio por descubrir en futuras investigaciones.

De cara a ofrecer mayor información al público en general, en términos de eficiencia de las universidades, hemos optado también por evaluar la eficiencia de un grupo formado por universidades generalistas y semigeneralistas (33 instituciones), el cual representa el 70% de las instituciones del SUPE abarcando un grueso de la población de estudiantes y profesores que participan en la educación superior pública. De los conglomerados obtenidos mediante el análisis cluster estos dos grupos dentro de todo el Sistema Universitario Español son los que guardan más parecido, mostrando un coeficiente de correlación promedio superior a 0,50⁸⁴. A continuación, se presentan los índices correspondientes para los distintos cursos académicos.

⁸² Cabe mencionar que, la técnica disminuye su poder discriminatorio debido a que es una muestra pequeña que no cumple con la regla de que el tamaño debe ser tres veces mayor que la suma de inputs y outputs. Por tanto, estos valores deben tomarse con cautela en su interpretación.

⁸³ Silva y Ramírez de Arellano (2006) realizan una evaluación de eficiencia técnica con 19 y 6 Institutos Tecnológicos de España y Brasil, respectivamente, mediante un modelo DEA estándar y con restricciones en ponderaciones de outputs, con datos de 1999-2000.

⁸⁴ Cabe aclarar que esta propuesta cumple el criterio de homogeneidad en términos promedio, pero no individualmente, aunque el objetivo en este caso es de contar con otro escenario más amplio para ofrecer al público en general.

Cuadro 4.3. Índices de eficiencia técnica para el grupo de universidades generalistas y semigeneralistas (escenario 2)

2002-03		2004-05		2006-07		2008-09	
Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	89,27	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	99,56	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	100	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	100
U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100
U. CARLOS III DE MADRID	75,85	U. CARLOS III DE MADRID	62,2	U. CARLOS III DE MADRID	84,63	U. CARLOS III DE MADRID	85
U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100
U. de ALICANTE	84,59	U. de ALICANTE	86,32	U. de ALICANTE	80,5	U. de ALICANTE	80,92
U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	98,72	U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	97,53
U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100
U. de BURGOS	97,7	U. de BURGOS	92,44	U. de BURGOS	88,24	U. de BURGOS	83,81
U. de CÁDIZ	68,51	U. de CÁDIZ	73,63	U. de CÁDIZ	75,49	U. de CÁDIZ	81,85
U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	98,74
U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100
U. de GIRONA	79,01	U. de GIRONA	82,61	U. de GIRONA	92,1	U. de GIRONA	87,26
U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100
U. de HUELVA	100	U. de HUELVA	100	U. de HUELVA	90,47	U. de HUELVA	81,98
U. de JAÉN	97,31	U. de JAÉN	92,93	U. de JAÉN	97,5	U. de JAÉN	100
U. de LA LAGUNA	72,39	U. de LA LAGUNA	65,37	U. de LA LAGUNA	73,05	U. de LA LAGUNA	83,32
U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100
U. de las ISLAS BALEARES	86,4	U. de las ISLAS BALEARES	86,37	U. de las ISLAS BALEARES	84,8	U. de las ISLAS BALEARES	87,09
U. de LEÓN	81,64	U. de LEÓN	82,05	U. de LEÓN	86,49	U. de LEÓN	91,68
U. de MÁLAGA	80,18	U. de MÁLAGA	82,97	U. de MÁLAGA	85,87	U. de MÁLAGA	87,43
U. de MURCIA	86,64	U. de MURCIA	88,41	U. de MURCIA	90,02	U. de MURCIA	91,26
U. de OVIEDO	80,12	U. de OVIEDO	80,95	U. de OVIEDO	100	U. de OVIEDO	78,05
U. de SEVILLA	83,93	U. de SEVILLA	96,74	U. de SEVILLA	99,52	U. de SEVILLA	90,12
U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	94,81	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	98,13	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	99,24	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	100
U. de VALLADOLID	85,19	U. de VALLADOLID	79,96	U. de VALLADOLID	82,22	U. de VALLADOLID	74,43
U. de VIGO	100	U. de VIGO	100	U. de VIGO	100	U. de VIGO	91,63
U. de ZARAGOZA	77,31	U. de ZARAGOZA	70,44	U. de ZARAGOZA	63,88	U. de ZARAGOZA	62,5
U. del PAÍS VASCO	84,17	U. del PAÍS VASCO	94,11	U. del PAÍS VASCO	89,93	U. del PAÍS VASCO	83,89
U. JAUME I DE CASTELLÓN	86,77	U. JAUME I DE CASTELLÓN	84,95	U. JAUME I DE CASTELLÓN	87	U. JAUME I DE CASTELLÓN	74,63
U. PABLO DE OLAVIDE	100	U. PABLO DE OLAVIDE	85,06	U. PABLO DE OLAVIDE	74,11	U. PABLO DE OLAVIDE	58,24
U. POMPEU FABRA	86,48	U. POMPEU FABRA	100	U. POMPEU FABRA	100	U. POMPEU FABRA	100
U. PÚBLICA DE NAVARRA	93,95	U. PÚBLICA DE NAVARRA	68,33	U. PÚBLICA DE NAVARRA	85,49	U. PÚBLICA DE NAVARRA	77,65
U. REY JUAN CARLOS	89,01	U. REY JUAN CARLOS	70,24	U. REY JUAN CARLOS	77,1	U. REY JUAN CARLOS	61,81
Índice promedio	89,73		88,56		90,53		87,60

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

Cuando se incluye el grupo de semigeneralistas en el análisis, las universidades de tamaño grande, en función a la mayor cantidad de estudiantes, pasan a formar parte de la frontera de eficiencia. Sin embargo, estos valores estiman la eficiencia global de cada institución, sin podernos discernir si esta eficiencia técnica es debido a mejoras en docencia o investigación, o ambas. Es decir, una universidad puede ser eficiente en docencia pero no en investigación o viceversa, o en ambas, y si nos quedamos con estos índices caemos en el equívoco de afirmar que son eficientes en su totalidad sin antes verificar que actividad es la que produce su ubicación en la frontera como DMUs con mejores prácticas. Por tanto, hemos aplicado la técnica DEA separando sólo investigación y sólo docencia⁸⁵.

⁸⁵ Al calcular el DEA por separado nos encontramos con la restricción del uso simultáneo de inputs para producir outputs de docencia e investigación. En la actividad investigadora la restricción se relaja porque es coherente que cuando un profesor hace labores de investigación de manera implícita fortalece la docencia en su área, mientras que

4.4.3. Modelo DEA ajustado por función de producción separada, y por homogeneidad (escenario 3)

Para esta aplicación hemos considerado universidades generalistas y semigeneralistas en un solo grupo, con el objetivo de estudiar el comportamiento de la eficiencia en más del 50% de las UUPPPP españolas, así como observar cuál es la actividad (docencia e investigación) que contribuye a explicar los resultados globales de eficiencia que registran dichas universidades (véase cuadro 4.3). Los inputs son: PDIETC y gastos corrientes en bienes y servicios; y el output es el número de graduados.

En primer lugar, calculamos los índices de eficiencia para la actividad de docencia identificando tanto universidades generalistas como semigeneralistas en las de mejor práctica.

Cuadro 4.4. Índices de eficiencia técnica, sólo actividad de docencia

2002-03		2004-05		2006-07		2008-09	
Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	68,53	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	80,19	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	85,3	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	80,07
U. AUTÓNOMA DE MADRID	72,83	U. AUTÓNOMA DE MADRID	80,92	U. AUTÓNOMA DE MADRID	82,65	U. AUTÓNOMA DE MADRID	78,36
U. CARLOS III DE MADRID	63,57	U. CARLOS III DE MADRID	61,09	U. CARLOS III DE MADRID	80,26	U. CARLOS III DE MADRID	85
U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100
U. de ALICANTE	81,8	U. de ALICANTE	86,14	U. de ALICANTE	79,22	U. de ALICANTE	80,92
U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	72,28	U. de ALMERÍA	82,33	U. de ALMERÍA	87,08
U. de BARCELONA	79,37	U. de BARCELONA	96,92	U. de BARCELONA	93,35	U. de BARCELONA	91,82
U. de BURGOS	97,7	U. de BURGOS	92,44	U. de BURGOS	88,24	U. de BURGOS	83,81
U. de CÁDIZ	67,06	U. de CÁDIZ	73,42	U. de CÁDIZ	75,39	U. de CÁDIZ	81,85
U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	98,74
U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100
U. de GIRONA	66,97	U. de GIRONA	68,88	U. de GIRONA	85,68	U. de GIRONA	64,16
U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	100
U. de HUELVA	100	U. de HUELVA	100	U. de HUELVA	90,47	U. de HUELVA	81,98
U. de JAÉN	84,13	U. de JAÉN	76,16	U. de JAÉN	93,92	U. de JAÉN	100
U. de LA LAGUNA	55,26	U. de LA LAGUNA	59,99	U. de LA LAGUNA	67,48	U. de LA LAGUNA	66,72
U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100
U. de las ISLAS BALEARES	76,6	U. de las ISLAS BALEARES	73,89	U. de las ISLAS BALEARES	75,78	U. de las ISLAS BALEARES	76,37
U. de LEÓN	80,23	U. de LEÓN	80,49	U. de LEÓN	85,56	U. de LEÓN	91,03
U. de MÁLAGA	78,46	U. de MÁLAGA	82,46	U. de MÁLAGA	85,02	U. de MÁLAGA	87,43
U. de MURCIA	83,21	U. de MURCIA	87,57	U. de MURCIA	87,05	U. de MURCIA	88,68
U. de OVIEDO	70,33	U. de OVIEDO	78,86	U. de OVIEDO	97,44	U. de OVIEDO	73,28
U. de SEVILLA	83,93	U. de SEVILLA	96,74	U. de SEVILLA	99,52	U. de SEVILLA	90,12
U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	85,73	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	94,75	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	91,56	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	97,42
U. de VALLADOLID	85,19	U. de VALLADOLID	79,96	U. de VALLADOLID	82,22	U. de VALLADOLID	74,43
U. de VIGO	96,35	U. de VIGO	98,91	U. de VIGO	92,21	U. de VIGO	86,01
U. de ZARAGOZA	76,35	U. de ZARAGOZA	70,08	U. de ZARAGOZA	60,79	U. de ZARAGOZA	59,96
U. del PAÍS VASCO	84,17	U. del PAÍS VASCO	94,11	U. del PAÍS VASCO	89,93	U. del PAÍS VASCO	83,89
U. JAUME I DE CASTELLÓN	64,71	U. JAUME I DE CASTELLÓN	60,56	U. JAUME I DE CASTELLÓN	78,48	U. JAUME I DE CASTELLÓN	71,11
U. PABLO DE OLAVIDE	100	U. PABLO DE OLAVIDE	82,26	U. PABLO DE OLAVIDE	72,73	U. PABLO DE OLAVIDE	56,09
U. POMPEU FABRA	67,69	U. POMPEU FABRA	89,51	U. POMPEU FABRA	77,8	U. POMPEU FABRA	86,97
U. PÚBLICA DE NAVARRA	78,1	U. PÚBLICA DE NAVARRA	59,94	U. PÚBLICA DE NAVARRA	76,53	U. PÚBLICA DE NAVARRA	73,16
U. REY JUAN CARLOS	89,01	U. REY JUAN CARLOS	69,56	U. REY JUAN CARLOS	76,49	U. REY JUAN CARLOS	61,58
Índice promedio	82,95		83,28		85,86		82,97

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia

para docencia podría no ocurrir de manera recíproca. El modelo DEA multiactividad es la opción para evitar dicha restricción, aunque se enfrenta a que los diversos output se agregan como uno sólo.

Con los resultados obtenidos en el modelo de sólo docencia (cuadro 4.4), podemos observar que el número de universidades eficientes disminuye en un 30%, 40%, 60% y 50%, respectivamente para los cuatro cursos valorados, con respecto al modelo DEA global (véase cuadro 4.3), lo que nos hace suponer que al eliminar el output de producción científica, algunas universidades dejan de tener un parámetro más para volverse eficientes. Ahora bien, queremos suponer que aquellas universidades que resultaron eficientes al evaluar conjuntamente las actividades universitarias (véase cuadro 4.3), y que no fueron eficientes en la actividad de docencia entonces su comportamiento podría explicarse porque estuviesen optando por lograr la eficiencia en la actividad de investigación, a continuación observaremos dicho comportamiento.

En segundo lugar, se estiman los índices de eficiencia para la actividad de investigación para el grupo formado por universidades generalistas y semigeneralistas, donde las variables *proxy* de los inputs son: PDIETC y gastos corrientes en bienes y servicios; y del output es el número de publicaciones (artículos ISI).

Cuadro 4.5. Índices de eficiencia técnica, sólo para la actividad de investigación

2002-03		2004-05		2006-07		2008-09	
Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	86,27	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	99,56	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	100	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	100
U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100
U. CARLOS III DE MADRID	64,05	U. CARLOS III DE MADRID	45,82	U. CARLOS III DE MADRID	54,4	U. CARLOS III DE MADRID	36,66
U. COMPLUTENSE DE MADRID	91,34	U. COMPLUTENSE DE MADRID	94,21	U. COMPLUTENSE DE MADRID	88,36	U. COMPLUTENSE DE MADRID	90,88
U. de ALICANTE	48,14	U. de ALICANTE	42,75	U. de ALICANTE	48,33	U. de ALICANTE	59,93
U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	98,72	U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	91,82
U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100
U. de BURGOS	72,53	U. de BURGOS	69,76	U. de BURGOS	59,62	U. de BURGOS	72,86
U. de CÁDIZ	49,63	U. de CÁDIZ	52,76	U. de CÁDIZ	40,9	U. de CÁDIZ	40,62
U. de CASTILLA-LA MANCHA	36,5	U. de CASTILLA-LA MANCHA	39,14	U. de CASTILLA-LA MANCHA	45,52	U. de CASTILLA-LA MANCHA	42,52
U. de EXTREMADURA	78,25	U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100
U. de GIRONA	63,6	U. de GIRONA	67,25	U. de GIRONA	82,79	U. de GIRONA	87,26
U. de GRANADA	78,63	U. de GRANADA	79,18	U. de GRANADA	78,05	U. de GRANADA	88,53
U. de HUELVA	55,07	U. de HUELVA	36,12	U. de HUELVA	40,85	U. de HUELVA	52,37
U. de JAÉN	96,67	U. de JAÉN	91,75	U. de JAÉN	79,99	U. de JAÉN	78,68
U. de LA LAGUNA	66,88	U. de LA LAGUNA	65,37	U. de LA LAGUNA	69,8	U. de LA LAGUNA	83,32
U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100	U. de LA RIOJA	100
U. de las ISLAS BALEARES	71,85	U. de las ISLAS BALEARES	74,47	U. de las ISLAS BALEARES	81,89	U. de las ISLAS BALEARES	80,56
U. de LEÓN	42,59	U. de LEÓN	44,94	U. de LEÓN	52,4	U. de LEÓN	58
U. de MÁLAGA	45,76	U. de MÁLAGA	47,54	U. de MÁLAGA	48,12	U. de MÁLAGA	37,95
U. de MURCIA	70,68	U. de MURCIA	74,46	U. de MURCIA	65,97	U. de MURCIA	75,62
U. de OVIEDO	62,81	U. de OVIEDO	65,07	U. de OVIEDO	68,21	U. de OVIEDO	63,05
U. de SEVILLA	54,83	U. de SEVILLA	58,41	U. de SEVILLA	54,88	U. de SEVILLA	49,46
U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	75,51	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	83,47	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	83,65	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	80,05
U. de VALLADOLID	54	U. de VALLADOLID	59,26	U. de VALLADOLID	56,23	U. de VALLADOLID	56,37
U. de VIGO	83,24	U. de VIGO	86,94	U. de VIGO	85,25	U. de VIGO	73,51
U. de ZARAGOZA	44,33	U. de ZARAGOZA	42,85	U. de ZARAGOZA	46,85	U. de ZARAGOZA	52,36
U. del PAÍS VASCO	44,82	U. del PAÍS VASCO	44,96	U. del PAÍS VASCO	46,53	U. del PAÍS VASCO	47,55
U. JAUME I DE CASTELLÓN	82,26	U. JAUME I DE CASTELLÓN	84,95	U. JAUME I DE CASTELLÓN	75,52	U. JAUME I DE CASTELLÓN	53,17
U. PABLO DE OLAVIDE	100	U. PABLO DE OLAVIDE	78,18	U. PABLO DE OLAVIDE	56,46	U. PABLO DE OLAVIDE	47,87
U. POMPEU FABRA	77,19	U. POMPEU FABRA	100	U. POMPEU FABRA	100	U. POMPEU FABRA	100
U. PÚBLICA DE NAVARRA	77,81	U. PÚBLICA DE NAVARRA	63,71	U. PÚBLICA DE NAVARRA	80,61	U. PÚBLICA DE NAVARRA	67,08
U. REY JUAN CARLOS	31,19	U. REY JUAN CARLOS	38,36	U. REY JUAN CARLOS	41,98	U. REY JUAN CARLOS	39,06
Índice promedio	69,89		70,60		70,70		69,91

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

Al evaluar la eficiencia de sólo la actividad de investigación (cuadro 4.5), los resultados nos reflejan que el número de universidades eficientes disminuye en un 55%, 50%, 58% y 60%, respectivamente para los cuatro cursos valorados, con relación al modelo DEA global (véase cuadro 4.3), donde la técnica DEA se vuelve más discriminatoria al haber eliminado el output de número de graduados, más del 50% de universidades dejan de tener este output como parámetro más para considerarse eficientes. Ahora bien, podemos confirmar que algunas universidades que resultaron eficientes al evaluar conjuntamente las actividades universitarias (véase cuadro 4.3), y que no resultaron eficientes al evaluar la actividad de docencia, pueden explicar su comportamiento eficiente en términos globales debido al logro de la eficiencia en la actividad de investigación.

Cuando ambas actividades universitarias se evalúan por separado observamos resultados interesantes en los cuatro cursos académicos valorados. Primero, notamos que las universidades de Castilla-La Mancha, Complutense de Madrid, Granada (quienes coinciden en los cuatro cursos académicos) están más enfocadas en la actividad de docencia/enseñanza. Contrariamente, las universidades como Autónoma de Madrid, Pompeu Fabra, Barcelona, Autónoma de Barcelona, entre otras, ponen más atención sobre la actividad de investigación o mejor dicho están fuertemente orientadas a investigación. Cabe destacar que, por lo general, aquellas universidades que no son eficientes en docencia sí lo son en investigación, y viceversa, y en pocos casos son eficientes en ambas actividades (universidades como la Rioja y la de Extremadura).

Con la finalidad de asegurar la fiabilidad parcial de los resultados, hemos repetido el análisis anterior sólo para la actividad de investigación incluyendo como input el monto I+D (rezagada cuatro años)⁸⁶, y los resultados se muestran a continuación.

⁸⁶ El número de universidades incluidas en cada DEA anual difiere porque en algunas de ellas no hay datos disponibles para la variable Monto I+D.

Cuadro 4.6. Índices de eficiencia técnica para la actividad de investigación, utilizando MID (-4)

2004-05		2006-07		2008-09	
Unit name	Score	Unit name	Score	Unit name	Score
U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	100	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	100
U. AUTÓNOMA DE MADRID	100	U. CARLOS III DE MADRID	57,91	U. AUTÓNOMA DE MADRID	100
U. CARLOS III DE MADRID	50,41	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100	U. CARLOS III DE MADRID	46,28
U. de ALICANTE	78,56	U. de ALICANTE	89,08	U. COMPLUTENSE DE MADRID	100
U. de ALMERÍA	100	U. de ALMERÍA	100	U. de ALICANTE	70,95
U. de BARCELONA	100	U. de BARCELONA	100	U. de ALMERÍA	100
U. de BURGOS	100	U. de BURGOS	100	U. de BARCELONA	100
U. de CÁDIZ	58,7	U. de CÁDIZ	49,47	U. de BURGOS	100
U. de CASTILLA-LA MANCHA	45,96	U. de CASTILLA-LA MANCHA	64,18	U. de CÁDIZ	50,15
U. de EXTREMADURA	100	U. de EXTREMADURA	100	U. de CASTILLA-LA MANCHA	52,49
U. de GIRONA	67,25	U. de GIRONA	82,89	U. de EXTREMADURA	100
U. de GRANADA	100	U. de GRANADA	83,99	U. de GRANADA	95,6
U. de HUELVA	41,45	U. de HUELVA	54,29	U. de HUELVA	70,75
U. de JAÉN	100	U. de JAÉN	96,08	U. de JAÉN	94,98
U. de LA RIOJA	100	U. de LA LAGUNA	100	U. de LA RIOJA	100
U. de las ISLAS BALEARES	84,7	U. de LA RIOJA	100	U. de las ISLAS BALEARES	89,8
U. de LEÓN	48,25	U. de las ISLAS BALEARES	81,89	U. de LEÓN	64,79
U. de MÁLAGA	58,26	U. de LEÓN	58,85	U. de MÁLAGA	100
U. de MURCIA	89,07	U. de MÁLAGA	59,59	U. de MURCIA	100
U. de OVIEDO	69,51	U. de MURCIA	80,71	U. de OVIEDO	89,37
U. de SEVILLA	71,12	U. de OVIEDO	70,65	U. de SEVILLA	60,19
U. de VALLADOLID	62,99	U. de SEVILLA	57,88	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	97,73
U. del PAÍS VASCO	78,9	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	86,53	U. de VALLADOLID	65,34
U. JAUME I DE CASTELLÓN	100	U. de VALLADOLID	56,23	U. de VIGO	100
U. PABLO DE OLAVIDE	100	U. de VIGO	100	U. de ZARAGOZA	56,32
U. POMPEU FABRA	100	U. de ZARAGOZA	61,8	U. del PAÍS VASCO	59,09
U. PÚBLICA DE NAVARRA	71,45	U. del PAÍS VASCO	58,46	U. JAUME I DE CASTELLÓN	71,07
U. REY JUAN CARLOS	38,36	U. JAUME I DE CASTELLÓN	93,78	U. PABLO DE OLAVIDE	61,12
		U. PABLO DE OLAVIDE	73,53	U. POMPEU FABRA	100
		U. POMPEU FABRA	100	U. PÚBLICA DE NAVARRA	84,67
		U. PÚBLICA DE NAVARRA	88,16		
		U. REY JUAN CARLOS	70,59		
índice promedio	79,11		80,52		82,69

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

La importancia de estudiar a las UUPPPP españolas desde dos perspectivas en términos de outputs de investigación, está en que al incluir la variable monto I+D algunas universidades mejoran su desempeño en términos de eficiencia técnica. Observando resultados de los cuadros 4.5 y 4.6, (bajo el supuesto de rendimientos variables, y con orientación output) en el curso académico 2004/05 siete universidades mejoran su desempeño, pasando de 5 a 12 DMUs eficientes, mientras que en 2006/07 tres universidades cambian a ser eficientes y en 2008/09 seis instituciones (Burgos, Málaga, Almería, Vigo, Murcia, UCM) se ubican en la frontera de eficiencia.

Lo anterior nos indica que efectivamente la no consideración del monto I+D puede provocar sesgos en aquellas instituciones que lo utilizan de manera intensiva. Es posible explicar este incremento de unidades eficientes, como señala Martínez Cabrera (2003), por la flexibilidad del modelo DEA, a medida que se agregan variables en el análisis aumenta la oportunidad de que cada unidad sea considerada eficiente.

Los ingresos de la investigación son considerados aquí como un input para el proceso de investigación, no un output. De acuerdo a Johnes y Johnes (1993, 1995) si incluimos tanto las subvenciones y publicaciones como outputs para ser indicativo de la alta productividad de la investigación, entonces caemos en una doble contabilidad, ya que para algunas de las publicaciones no habrían sido posibles sin el entorno de la investigación favorable creado por las subvenciones. Muchas de las universidades que obtienen altos puntajes en el *score*, por lo tanto, tienen éxito en la producción de una gran cantidad de trabajos publicados relativamente poco costosos. El no considerar el papel de la financiación de la investigación externa (pública y privada) como input por consiguiente, puede dar lugar a estimaciones sesgadas de la eficiencia de la investigación de las universidades.

Una vez aplicada la técnica DEA, mediante el modelo BCC convencional y con orientación output para evaluar el rendimiento de las 47 Universidades Públicas Presenciales Españolas desde la perspectiva de tres escenarios, para los cursos académicos 2002/03, 2004/05, 2006/07, 2008/09, a continuación se resume el proceso realizado y los principales hallazgos.

4.4.4. Interpretación de resultados

En primer lugar, hemos realizado un análisis de eficiencia técnica en diversos cursos académicos bajo tres escenarios (también denominados modelos): 1) “Modelo DEA global” que evalúa conjuntamente las actividades de docencia e investigación para todas las universidades; 2) “Modelo DEA ajustado por homogeneidad” que analiza ambas actividades para los grupos de universidades generalistas, semigeneralistas y un grupo formado por ambas; 3) “Modelo DEA ajustado por función de producción separada y por homogeneidad” que estudia la eficiencia de las actividades de docencia e investigación por separado, para el grupo formado de universidades generalistas y semigeneralistas. Entre las principales diferencias de este análisis con respecto a otros referentes a España, es que hemos estudiado el rendimiento de las UUPPPP en distintos cursos académicos, con grupos homogéneos de universidades, y también separando la función de producción en las actividades de docencia y de investigación.

Los modelos antes mencionados fueron propuestos con el objetivo de superar algunas dificultades que se han observado durante el proceso de estimación de la

eficiencia técnica para las 47 UUPPPP españolas en diversos cursos académicos en el periodo de 2000 a 2009. En la aplicación del primer modelo, en los cuatro cursos académicos valorados, los resultados obtenidos muestran que la mayoría de universidades ineficientes (valores del índice < 100) están tomando como punto de referencia a las universidades eficientes siendo estas últimas de perfiles muy diferentes.

Sin embargo, esta comparación está siendo sesgada porque las universidades ubicadas en la frontera eficiente con quienes se están comparando son muy disímiles en cuanto a sus recursos para obtener diversos outputs. Por ejemplo, para el curso académico 2008/2009 la Universidad de Girona tiene como referencia de comparación a la Universidad Politécnica de Cartagena, donde esta última se identifica con un perfil técnico mientras que la de Girona manifiesta un perfil distinto del técnico, por tanto, la comparación estaría sesgada pues ambas universidades son muy disímiles en sus estructuras de PDIETC por ramas de enseñanza (véase cuadro 2.2, capítulo 2).

Por tanto, se observa una dificultad en dicha estimación porque las unidades evaluadas no son homogéneas, y uno de los requisitos de la técnica DEA es que se comparen unidades que sean comparables. Entonces observamos la necesidad de seleccionar la muestra de universidades y agrupar aquellas en grupos con características similares (tema tratado en el capítulo 2). Una vez clasificadas las universidades en tres grupos: 1) generalistas; 2) semigeneralistas y; 3) técnicas, contamos con información para calcular la eficiencia de cada uno de los grupos.

Una vez que el problema de heterogeneidad fue tratado, con los resultados más depurados podemos observar que ciertas universidades se favorecen y destacan por ser eficientes. Sin embargo, al utilizar este modelo ajustado por la homogeneidad de la muestra nos resulta difícil afirmar que una universidad es eficiente tanto en docencia como en investigación, teniendo implícito el sesgo de que una universidad puede ser muy eficiente en docencia, pero no en investigación o viceversa. Este sesgo se observa porque los hallazgos suponen que una universidad es eficiente sin importar que actividad produce con mayor rendimiento, por lo tanto, no podríamos afirmar que una universidad es eficiente de forma general, o solamente si es eficiente en docencia o en investigación. La mejor situación sería que dicha universidad fuese eficiente, tanto en docencia como en investigación. Sin embargo, al plantear una única función de

producción no sabemos de qué actividad proviene la eficiencia o si es producto de ambas (véase cuadros 4.2 y 4.3).

Ante dicha situación proponemos estimar la eficiencia por separado, un análisis para la actividad de docencia y otro análisis para la actividad de investigación, es decir, dos funciones de producción de forma independiente para los grupos homogéneos. En la función de producción referente a investigación como ya se ha visto, hemos agregado el monto de I+D (variable rezagada con 4 años) como un input con la finalidad de discriminar aquellas universidades que muestren bastante ingreso y bajo número de publicaciones.

Una desventaja al separar la función de producción es el supuesto de la producción simultánea con determinados inputs, es decir, un profesor cuando hace docencia también hace investigación y viceversa, es probable que en el momento de investigar también mejore su docencia, pero lo contrario nos genera ruido. Una técnica alternativa que propone el tratamiento de inputs compartidos y producción conjunta es el modelo multiactividad, sin embargo, actualmente está siendo valorada por los estudiosos debido a la existencia de fallos metodológicos en su aplicación.

Por tanto, en esta investigación optamos por un modelo DEA (BCC) convencional. Bajo el supuesto de producción simultánea con determinados inputs como primer intento de estimación de este problema, y una vez calculada la eficiencia de cada actividad en los grupos de universidades para cuatro cursos académicos 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09, los resultados año con año nos permiten observar con más nitidez cuál es la actividad que hace eficiente a una universidad.

Una vez aplicada la técnica DEA en la evaluación de la eficiencia, hemos observado que, cuando las 47 UUPPPP son evaluadas como un grupo único, el rendimiento promedio global sufre un descenso durante el período 2002-2008. Mientras que, si calculamos la eficiencia, por un lado, sólo para el grupo de universidades generalistas y, por otro, para el grupo de semigeneralistas, entonces los resultados son más satisfactorios, ya que estamos comparando aquellas universidades con estructuras parecidas según la distribución porcentual del PDIETC por rama de enseñanza y se puede decir que la eficiencia de cada grupo de universidades mejora, ya sea en todo el período o, sólo, en algunos años.

Asimismo, hemos analizado el desempeño de las universidades con la función de producción descompuesta en dos partes, siendo una docencia y la otra investigación, donde se ha comprobado el poder discriminatorio de la técnica DEA, resultando que aquellas universidades eficientes en docencia, no registran el mismo desempeño en la actividad de investigación⁸⁷. No obstante, los resultados obtenidos en todos los escenarios por el DEA llevan consigo el supuesto de que la tecnología de producción se mantiene sin cambios a lo largo del tiempo, por lo que los hallazgos deben ser tomados con cierta cautela.

Este análisis utiliza un conjunto de datos en panel de cuatro años académicos para 47 (total), 21 (grupo generalistas) y 33 (generalistas y semigeneralistas) universidades, con el objetivo de calcular la eficiencia técnica de las instituciones y su tendencia en el tiempo. Hemos aplicado la metodología DEA bajo el modelo convencional (BCC y con orientación output) para diferentes escenarios distinguiendo por grupo y por funciones, y en el modelo DEA de sólo investigación utilizamos el input de Monto I+D con rezago de 4 años. A continuación, se resumen los resultados de acuerdo al escenario planteado:

Escenario 1: Modelo DEA global

Para los cuatro cursos académicos, alrededor del 23% y del 31% de IES con las mejores prácticas se sitúan en la frontera de eficiencia⁸⁸. Este modelo incluye 47 UUPPPP, y quienes se encuentran como eficientes son universidades grandes, medianas y pequeñas, y pueden ser generalistas, semigeneralistas o técnicas⁸⁹.

⁸⁷ Estos resultados parecen ser consecuentes con los que se recogen en los distintos indicadores compuestos de calidad de la investigación que viene realizando la Fundación CyD desde el año 2004 en sus Informes para la elaboración de un ranking o clasificación de las 47 UUPPPP españolas.

⁸⁸ Para el curso 2004/05, el valor promedio de eficiencia es de 86,84, dato muy cercano al valor de 88,2 encontrado en el estudio de Agasisti y Pérez-Esparrells (2010), lo que nos refleja cierta coherencia en los hallazgos.

⁸⁹ Como antecedente empírico, cabe mencionar los resultados de estudios previos sobre eficiencia técnica de universidades españolas en términos globales. Con datos del año 2000 Gómez Sancho (2005) encuentra que un 27,6% de universidades se ubican en la frontera de eficiencia; Duch (2006) con información del curso 2006 obtiene que el 34% de universidades públicas son eficientes; y Hernáñez *et al.* (2007) con datos de 2004 encuentran que sólo el 6% de instituciones evaluadas resultan eficientes. Dicho comentario tiene presente que las variables utilizadas y los años de referencia son diferentes en cada uno de los estudios, un punto en común es que el análisis de eficiencia efectuado es para un momento en el tiempo, a diferencia de la presente tesis que evalúa la eficiencia en diversos períodos.

En términos promedio, los índices de eficiencia técnica han disminuido curso a curso, registrando valores de 87,47 en 2002/03 (con 15 unidades eficientes), 86,84 en 2004/05 (con 12 universidades eficientes), 85,32 en 2006/-07 (con 11 DMUs igual a cien) y 84,44 en 2008/09 (12 unidades eficientes). No obstante, excepto en el primer curso académico el número de IES eficientes se mantiene relativamente constante en el tiempo.

Escenario 2: Modelo DEA ajustado por homogeneidad

Aquí mencionamos el grupo de universidades generalistas, y un grupo formado de universidades generalistas y semigeneralistas, mientras que tanto el grupo de las semigeneralistas y el grupo de técnicas se quedan al margen del estudio debido a que el tamaño de la muestra no es el adecuado.

El grupo de universidades generalistas se integra por 21 instituciones, y podemos observar que en los cuatro cursos académicos más del 50% de éstas manifiestan eficiencia técnica. Si agrupamos tanto generalistas y semigeneralistas en un solo grupo entonces resulta que aproximadamente el 30% de IES reflejan eficiencia productiva en cada curso académico.

El presente análisis basado en la metodología DEA nos afirma que el sector universitario público español no puede ser analizado como un único conjunto. Utilizando grupos homogéneos de universidades bajo diferentes escenarios nos ha llevado a obtener mejores estimaciones de la eficiencia técnica.

Escenario 3: Modelo DEA ajustado por función de producción separada y por homogeneidad

En la evaluación de eficiencia para la actividad sólo de docencia, observamos que el número de universidades eficientes en términos relativos representan 24,24%, 18,18%, 15,15% y 15,15% en los cuatro años de estudio, respectivamente. Es decir, cada vez hay menos instituciones eficientes en docencia con el paso de los años.

Mientras que, en la actividad de sólo investigación, la cantidad de DMUs eficientes se traduce en 15,15%, 15,15%, 21,21% y 18,18% correspondientemente con

los cursos académicos analizados⁹⁰. Este hecho resalta que, al contrario de lo que ocurrió en docencia, con el paso del tiempo, cada vez hay más IES eficientes en la actividad de investigación (6 IES o 12 IES).

Con dichos hallazgos observamos que al desagregar la función de producción en docencia e investigación la aplicación de la técnica se vuelve más discriminadora en un 15% aproximadamente, y también se hace notar que en el modelo de sólo docencia el número de universidades eficientes desciende al pasar del curso académico 2002/03 al curso 2008/09, situación contraria en el modelo sólo investigación, donde el número de IES eficientes se incrementa a través del tiempo.

Al evaluar la eficiencia relativa de las universidades públicas españolas se están tratando a los cuatro cursos académicos como una sección transversal en la que se tienen 47 (todas las universidades), 21 (grupo de universidades generalistas) y 33 (grupo formado por universidades generalistas y semigeneralistas) observaciones para cada año. Este análisis no hace el supuesto en cuanto a si (o no) una universidad ha cambiado la eficiencia en los cuatro cursos. Simplemente asume que la tecnología de entrega de la educación durante los cuatro años en cuestión no ha cambiado.

De acuerdo a Johnes *et al.* (2005), esto se interpreta de forma que, en los años de estudio, “la tecnología de producción” involucrada no ha cambiado sustancialmente para que los niveles de outputs fuesen factibles para un determinado nivel de inputs en cualquiera de los cuatro años en la sección transversal, también lo será en cualquier otro año dentro de la sección transversal⁹¹. Sin embargo, este supuesto se verá relajado en el siguiente apartado para permitir diferentes fronteras de eficiencia para los distintos años para evaluar si ha habido un desplazamiento de la frontera y el cambio de la productividad en el sector. Así también, con este análisis buscamos comprobar si ha habido algún cambio en la productividad a nivel de IES y, en caso afirmativo, en qué medida y en cuales IES. Además, comprobamos separando docencia e investigación si la frontera eficiente de 2002/03 se movió a 2004/05, por ejemplo, y si fuese así, éste fue

⁹⁰ Para el curso académico 2008/09, estos hallazgos se confirman de mayor fiabilidad si observamos los ratios ingresos de la investigación de I+D por PDIETC donde las universidades que más obtienen ingresos son las politécnicas de Cataluña, Madrid, Cantabria y Santiago de Compostela, las cuales están clasificadas en el grupo de técnicas o atípicas, los cuales no son nuestro objeto de estudio.

⁹¹ Las variables monetarias sugiere sean deflactadas por la inflación, como se ha hecho.

a un lugar más productivo. El enfoque que utilizamos es no paramétrico y está basado de nuevo en la técnica DEA, este es, el índice de cambio de productividad de Malmquist.

Para ello, utilizando la estructura de datos en panel (47 IES y 5 cursos académicos), medimos el cambio de la productividad total con el índice de Malmquist y sus componentes para las IES en conjunto y separando por funciones. Este índice descompone el cambio de la productividad total de factores en dos elementos: cambio en eficiencia técnica (*“catching up” effect*) y cambio tecnológico (*“boundary shift” effect*). Con el índice de Malmquist estamos presentando los cambios relativos en eficiencia para una frontera con rendimientos constantes (véase Grifell-Tatjé y Lovell, 1995) sobre el sesgo que introduce en la medición del cambio de la productividad el uso de una especificación de tecnología con rendimientos variables a escala), y no variables a escala como fue utilizado en el apartado anterior. Así de esta manera complementamos las eficiencias relativas a la frontera con rendimientos variables a escala antes mostradas.

Antes de calcular los índices de productividad de Malmquist, presentamos una revisión de literatura sobre ésta metodología aplicada al ámbito de la educación superior.

4.5. Principales estudios sobre Índice de Malmquist y su aplicación en la educación superior

La metodología empleada para calcular el cambio en la productividad total de factores y descomponer este cambio entre la eficiencia técnica y el componente tecnológico es el índice Malmquist no paramétrico (véase capítulo 1). Los estudios conocidos sobre educación superior que utilizan el enfoque del índice Malmquist son de Flegg, Allen, Field, y Thurlow (2004); Johnes, Johnes, Thanassoulis, Lenton, y Emrouznejad (2005); Worthington y Lee (2005); Johnes J. (2006); Agasisti y Johnes (2009), y Thanassoulis, Kortelainen, Johnes y Johnes (2011). Para el caso de España, los únicos estudios conocidos referentes a educación superior son de Agasisti y Pérez Esparrells (2010); y García Aracil, López Iñesta y Palomares Montero (2010).

4.5.1. Estudios a nivel internacional

La utilización del índice de productividad de Malmquist en el contexto de educación superior es muy reciente, en concreto a principios del siglo XXI. En el año 2004, Flegg, Allen, Field y Thurlow utilizan el Análisis Envolvente de Datos para examinar la eficiencia técnica de 45 universidades británicas en el período 1980/81-1992/93, y para vislumbrar las causas de variación en la eficiencia recurren al enfoque Malmquist que permite distinguir entre cambios en la eficiencia técnica y cambios intertemporales en la frontera de eficiencia. Los resultados revelan en términos promedio un cambio anual de productividad total de factores de 3,6% entre 1980/81 y 1992/93, compuesto de un cambio tecnológico de 2,8% y de un cambio de eficiencia técnica de 0,07%, es decir, que la mayor parte de este aumento se debió a un cambio sustancial al exterior en la frontera de eficiencia durante este periodo.

Johnes, G. *et al.* (2005) miden el cambio en productividad total de factores de 121 instituciones de educación superior británicas y cuatro subgrupos (Pre-1992 universidades sin escuelas de medicina, Pre-1992 universidades con escuelas de medicina, Post-92 universidades, y Colegios SCOP)⁹² entre 2000/01 y 2002/03. Los resultados sobre el cambio de la productividad total sugieren que en general ha habido una disminución de la productividad (0,95) durante los dos años de estudio. El subgrupo de universidades Post-92 muestra una mayor productividad tanto en el tiempo y en relación con los otros tres subgrupos de universidades. Mientras que, en el otro extremo se tiene el grupo de universidades Pre-92 con facultades de medicina que muestran ningún aumento de la productividad.

Para el año 2005, Worthington y Lee investigan el cambio en la productividad en 35 universidades australianas mediante técnicas de frontera no paramétrica en el período 1998-2003⁹³. Calculan el índice de productividad de Malmquist bajo una

⁹² La denominación *Pre-1992 universities* se corresponde con aquellas universidades que alcanzaron este estatus antes de 1992 y antes de la Ley de educación superior 1992. *Post-1992 universities*, son las universidades fundadas después de esta ley, que en su mayoría son Politécnicas. El tercer grupo de instituciones son los llamados *Colleges* que pertenecen al *Standing Conference of Principals Ltd (SCOP)*. Estos *colleges* son parte del sector de educación superior, pero difieren de las otras IES en que a menudo son instituciones especializadas en determinadas disciplinas tales como, música, drama, artes escénicas, educación o agricultura (Johnes, J. 2006).

⁹³ En su estudio tres universidades son excluidas debido al requerimiento técnico para un modelo con datos en panel balanceado: *Australian National University*, *Sunshine Coast University* y *Notre Dame Australia University*.

orientación output, y muestran que en las universidades australianas, la mejora en productividad en el periodo 1998-2003 es el resultado de una expansión de la frontera relacionando inputs a outputs más que a una mejora en eficiencia.

Para entender mejor las fuentes de esos cambios en el crecimiento de la productividad del sector, dichos autores proponen dos especificaciones adicionales: 1) análisis de productividad sólo para investigación y, 2) sólo enseñanza, donde los resultados indican que la mayor ganancia en la productividad total del sector fue atribuida a mejoras en la productividad sólo en la actividad de investigación asociado con la eficiencia pura y alguna mejora en eficiencia de escala, mientras que la productividad de sólo enseñanza también contribuyó⁹⁴ a esa mejora de la productividad.

En 2006, Johnes J. estima el índice de productividad de Malmquist para 113 instituciones de educación superior (IES) inglesas en el periodo 1996/07 a 2002/03, utilizando el análisis envolvente de datos. Con el objetivo de investigar si el sector ampliado de educación superior (incluyendo todo tipo de IES) ha manifestado incrementos similares de productividad a los que se encuentran por Flegg *et al.* (2004) para un período anterior (1980/81-1992/93) y un sector más pequeño (45 universidades). Así también, investiga si los diversos sub-grupos del sector de la educación superior del Reino Unido han experimentado cambios de productividad.

Los resultados de dicho análisis arrojan que en el período de estudio las IES han experimentado un incremento anual promedio en la productividad de Malmquist de 1,5%, y al descomponer este cambio de productividad se observa un incremento anual de 2,3% en el componente de cambio tecnológico y un decremento en el componente de cambio en eficiencia de -0,8%. Además, el índice de productividad de Malmquist para los tres subgrupos de IES arrojan que las IES Pre-1992 reflejan un índice más bajo que las IES Post-1992 y que los colegios pertenecientes a la *Standing Conference of Principals Ltd (SCOP)*. La autora señala que los rápidos cambios en el sector de la educación superior pueden tener un efecto positivo en la tecnología de producción, pero esto se puede lograr a costa de una menor eficiencia técnica.

⁹⁴ Dichos autores utilizan el software DEAP 2.1. para un modelo con datos en panel balanceado.

Agasisti y Johnes (2009) comparan la eficiencia técnica relativa de universidades italianas con instituciones de educación superior inglesas durante el período 2000/01-2004/05 y también analizan las tendencias de eficiencia en esos dos países en el período de 4 años. Dichos autores utilizan la técnica DEA (BCC y CCR, con orientación output) para computar por separado y en conjunto la eficiencia técnica de 57 universidades italianas y 127 instituciones de educación superior inglesas⁹⁵. Los resultados muestran que cuando se evalúan la eficiencia por separado, las instituciones en ambos países son típicamente eficientes. Mientras que, si la evaluación se efectúa en conjunto, las instituciones en Inglaterra son más eficientes que las italianas. Y en términos de índice de Malmquist, las IES italianas están mejorando su eficiencia técnica, mientras que las IES inglesas están logrando resultados más estables.

Thanassoullis *et al.* (2011) analizan el desempeño de 121 Instituciones de Educación Superior inglesas en el período 2000/01- 2002/03, mediante la técnica DEA con orientación input y output, para evaluar su estructura de costes, eficiencia y productividad. Así también, estiman el Índice de productividad de Malmquist y sus componentes separados para diferentes grupos de universidades (Pre-1992 universidades sin escuelas de medicina, Pre-1992 universidades con escuelas de medicina, Post-92 universidades, y Colegios SCOP). Los resultados revelan que, la productividad ha disminuido en una mayoría de instituciones, con excepción del grupo Post-universidades, durante el período de estudio, lo cual puede explicarse porque los datos se refieren a un periodo de tiempo corto.

Los autores antes mencionados en sus trabajos evalúan la eficiencia técnica y el cambio de la productividad de las universidades en sus respectivos países utilizando la técnica DEA como metodología base, sin embargo, sólo en dos de las investigaciones Flegg *et al.* (2004) y Johnes *et al.* (2005) coinciden en aplicar en conjunto la técnica DEA y el índice Malmquist, herramientas que se muestran complementarias para explicar el desempeño en términos de eficiencia y productividad de las universidades.

⁹⁵ Debido a la ausencia de datos para un año, en el caso de Reino Unido fueron excluidas del análisis seis instituciones, mientras que en el caso de Italia se excluyó solamente una universidad.

4.5.2. Estudios a nivel nacional

Para el caso de España, la aplicación de este índice al ámbito de educación superior es escasa. Se tienen localizados sólo dos estudios. García Aracil *et al.* (2010) quienes aplican el índice de Malmquist con un enfoque no paramétrico para analizar el cambio de productividad de 42 universidades públicas españolas durante el período de 1995 a 2006. Utilizan cuatro modelos con especificaciones diferentes para evaluar a las universidades: 1) modelo general, 2) sólo enseñanza, 3) sólo investigación, y 4) sólo transferencia del conocimiento. Estos modelos consideran los mismos inputs (gasto total, personal académico y personal no académico), pero difieren en los outputs, en el general utilizan número de graduados, publicaciones y monto de investigación aplicada, en el segundo modelo (solo enseñanza) utilizan sólo el número de graduados, en el tercer modelo (solo investigación) consideran únicamente publicaciones y, en el cuarto (sólo transferencia del conocimiento) utilizan el monto de investigación aplicada.

En dicho estudio, asumen rendimientos constantes a escala y una orientación output. Los hallazgos para el modelo global muestran un cambio promedio anual de productividad de 0,2% a través de todas las universidades, variando entre -5,7% y 7,5%, que puede asociarse según las autoras primordialmente a un cambio positivo en la eficiencia técnica (2,4%) más que a un cambio tecnológico (-1,3%). Por tanto, se contrasta que se ha producido una mejora sostenida en la productividad, a través de las 42 universidades públicas españolas objeto de estudio en el periodo de 1995 a 2006. Dicha mejora se explica como el producto de movimientos hacia la frontera eficiente más que como expansiones de la frontera. Esto puede indicar que las unidades “ineficientes” se han acercado a la frontera, sin embargo, las unidades eficientes han “empeorado” por lo que la frontera se contrae.

En el análisis por tipo de modelo, en el caso de sólo enseñanza las autoras observan una disminución de la productividad del -1,5%, compuesto de un cambio positivo de eficiencia técnica (3,5%) y una caída del cambio tecnológico (-2,5%). En relación al modelo de sólo investigación, registró un incremento de la productividad en 5,4%, debido a un incremento promedio del cambio de eficiencia técnica (5,5%), y un progreso tecnológico de 0,3%. Con respecto al modelo de sólo transferencia del conocimiento, el cambio promedio en la productividad fue de 12,4%, el cual estuvo

compuesto de un crecimiento promedio en el cambio de eficiencia de 17,6% y un incremento promedio en el cambio tecnológico de 9,1%. Podemos observar que en los cuatro modelos, el cambio de la eficiencia técnica resultó ser el componente principal del crecimiento de la productividad de las universidades públicas españolas durante el periodo 1995-2006.

El segundo trabajo que se ha realizado para el caso español corresponde a Agasisti y Pérez Esparrells (2010). En él se utiliza el índice de Malmquist para evaluar el cambio en productividad de 57 universidades italianas y 46 españolas en el periodo de 2000/1 a 2004/05. Para el caso de las IES españolas, con dos años de estudio, se observa un cambio promedio en la productividad de Malmquist de 6,0%, descompuesto en un cambio promedio de eficiencia técnica de 23%, y un cambio tecnológico de -15%. Por tanto, este cambio positivo en la productividad de las universidades públicas españolas se atribuye a una mejora real en el componente de cambio de eficiencia técnica.

Dichos autores consideran que la mejora puede sugerirse por la principal innovación, en varias regiones las que tuvieron las competencias en educación superior antes en el tiempo llamadas de vía rápida, que fue la introducción de nuevos modelos de financiación. Sin embargo, esta innovación está afectando sólo a algunas regiones, y esto directamente afecta al cambio de la eficiencia técnica de universidades y no a la frontera⁹⁶.

4.6. Medición del índice de cambio de la productividad de Malmquist para el caso de las UUPPPP españolas en el periodo 2002-2008

Una vez revisada la literatura internacional y nacional sobre la aplicación del Malmquist en la educación superior, a continuación, se calculará el cambio de la productividad total de factores y sus componentes (cambio en eficiencia técnica y cambio tecnológico) para las 47 UUPPPP españolas en el periodo de 2002 a 2008,

⁹⁶ Para el caso de Italia, los índices de Malmquist muestran que las universidades italianas experimentaron un importante desempeño en su eficiencia, debido a la mejora en “tecnología”: más específicamente, este efecto es debido a reformas importantes en la organización de la estructura curricular (introducción de la estructura BA/MA). En el periodo considerado, la mejora de eficiencia de universidades italianas es mucho más alta que las universidades españolas. Este diferencial no refleja la mejora real de la eficiencia pura, la cual es mucho más alta en España, pero en cuanto al cambio tecnológico es más favorable para universidades italianas.

utilizando índices de Malmquist con base en el enfoque DEA, cuya descripción se abordó en el capítulo 1.

Para efectuar dicha medición hemos considerado las tres combinaciones de variables *proxy* de inputs y outputs seleccionadas en el epígrafe 4.3.2, las variables utilizadas como inputs son el PDIETC y los gastos corrientes en bienes y servicios, y como outputs el número de graduados, el número de artículos ISI (documentos publicados al año por universidad).

4.6.1. Definición de modelos

La evaluación del rendimiento de las universidades a lo largo del tiempo suele ser realizada por los estudiosos a través del índice de Malmquist con enfoque no paramétrico, midiendo el cambio de la productividad total de factores. Este enfoque, como ya se ha comentado en el capítulo 1, es uno de los métodos más utilizados ya que no requiere datos relativos a precios de inputs y outputs, ni tampoco requiere un comportamiento específico supuesto de las instituciones bajo consideración, y permite descomponer el cambio de productividad entre el cambio tecnológico y el cambio de eficiencia técnica (y éste a su vez en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala).

Por tanto, en la presente tesis utilizamos el índice de Malmquist con enfoque no paramétrico para analizar el cambio de productividad de las UUPPPP españolas desde 2002/01 a 2008/09. Para el cálculo del índice hemos asumido rendimientos constantes a escala, ya que garantizan que los resultados sean equivalentes al incremento de la productividad (López-Pueyo *et al.* 2008). Y además, si se asumen rendimientos variables a escala, en el momento de producirse un cambio técnico, las observaciones de un período pueden no resultar factibles con la tecnología de producción registrada en otros períodos, por tanto, no es viable garantizar la existencia de soluciones de los problemas de programación lineal utilizados en el cálculo de las distancias en varios períodos.

El análisis a realizar lleva una orientación hacia la maximización del output, donde el objetivo de crecimiento está enfocado a alcanzar mayores outputs posibles por cada universidad dadas las dotaciones de inputs existentes. Worthington y Lee (2005) plantean esta orientación dado que los outputs especificados en su estudio son en gran

medida el enfoque del gobierno actual y en la medición del rendimiento de la universidad y los inputs son algo menos sensibles al cambio, al menos en el corto plazo, según estos autores.

Para los cálculos necesarios nos hemos fijado en el trabajo de Coelli *et al.* (1998) quienes abordan con detalle los programas necesarios para calcular esos índices. En el presente análisis utilizamos el software DEAP 2.1.

La selección de inputs y outputs utilizando el enfoque no paramétrico para definir la función de producción y modelar el comportamiento universitario es complicado y no definitivo (Tomkins y Green, 1988; Beasley, 1990, 1995; Johnes y Johnes, 1993, 1995; Athanassopoulos y Shale, 1997).

Como ya se indicó en el capítulo tercero, los inputs y outputs utilizados siguen un enfoque de producción para modelar el comportamiento universitario, esto es, las universidades combinan factores de trabajo y de no trabajo y producen outputs en la forma de enseñanza, investigación, consultoría y otros servicios educacionales (como se ha visto en el apartado de la función de producción de educación superior en el capítulo 3). Dos outputs son utilizados: 1) número de graduados (1ro y 2do ciclo) y; 2) número de artículos ISI anuales por universidad. Los inputs incluidos en el análisis son: 1) Personal Docente e investigador equivalente a tiempo completo, y; 2) Gastos corrientes en bienes y servicios (miles de euros).

Lamentablemente, los datos no permiten la imputación del personal académico en la enseñanza y la investigación o el personal dedicado sólo a la investigación, ni es posible imputar el personal de administración y servicios dedicado a la docencia o a la investigación relacionada con los servicios de apoyo. Por tanto, se supone que todo el personal está asignado a las funciones principales de docencia e investigación.

El análisis del cambio de productividad que se recoge en el siguiente epígrafe considera tres modelos:

- i) **Modelo global, incluyendo docencia e investigación;**
- ii) **Modelo sólo docencia;**

iii) **Modelo sólo investigación.**

Dichos modelos son comparables en su metodología a los estudios de Worthington y Lee (2005) y de García Aracil *et al.* (2010), aunque este último agrega también el modelo de sólo transferencia del conocimiento que en esta investigación no es abordado.

4.6.2. Estimación del Índice de Malmquist para los distintos modelos: docencia e investigación, sólo docencia y sólo investigación

Tres cuestiones principales se abordan en el cálculo del índice de Malmquist de cambio de la productividad durante el período muestral. La primera es medir el cambio de productividad total de factores en el período. La segunda es descomponer dicho cambio en lo que generalmente se denomina como el efecto “*catching up*” (cambio en eficiencia técnica) y el efecto “*frontier shift*” (cambio tecnológico). La tercera es que el efecto “*catching up*” puede ser además descompuesto para identificar la principal fuente de mejora, a través de un incremento en la eficiencia técnica pura o un aumento en la eficiencia de escala. Esta última cuestión requiere que el índice sea calculado suponiendo rendimientos variables a escala, sin embargo, el presente análisis sólo utiliza rendimientos constantes a escala.

De acuerdo a Worthington y Lee (2005) algunos puntos deben ser resaltados en relación a la eficiencia, tecnología y crecimiento de la productividad antes de hacer el análisis. Primero, los índices son relativos. Dicho de otro modo, una universidad puede ser más o menos eficiente, o más o menos productiva, pero sólo en referencia a las otras 46 universidades. Al mismo tiempo, el crecimiento de la productividad es un concepto relativo: una universidad más grande puede ser más productiva (porque produce más outputs), pero esto no necesariamente tiene que corresponder a una productividad alta o a una caída en la productividad porque el uso de los inputs no esté siendo del todo eficiente. Segundo, la técnica empleada no pone especial énfasis en los inputs y outputs. En este sentido, la técnica no permite hacer distinción entre aquellas universidades que optan por centrarse en producir outputs de docencia, en lugar de centrarse en outputs relacionados con la investigación o viceversa, entonces su eficiencia sólo se evalúa en relación con las universidades de las mejores prácticas de toma de decisiones de tipo

similar (es decir, en las que prevalece la función de docencia, o según sea el caso la función de investigación)⁹⁷.

4.6.3. Interpretación de resultados

A continuación, se describen los resultados del índice de Malmquist de acuerdo al modelo utilizado. En primer lugar, se estima el modelo global que incluye docencia e investigación, después abordamos el modelo de sólo docencia y por último, el modelo de sólo investigación para las 47 UUPPPP españolas en el periodo 2002-2008.

En el cuadro 4.7. se muestran los resultados obtenidos al aplicar el índice de Malmquist en los tres modelos antes especificados, para todas las universidades objeto de nuestro estudio. Las primeras seis columnas analizan sobre el modelo global, las siguientes cinco se refieren al modelo de sólo docencia, y las últimas cinco columnas abordan el modelo de sólo investigación. Los componentes del índice de cambio de la productividad de Malmquist aparecen en el siguiente orden y es el mismo en cada uno de los modelos: cambio en eficiencia (effch), cambio tecnológico (techch), cambio en eficiencia pura (pech), cambio en eficiencia de escala (sech) y el cambio en la productividad total de factores (tfpch).

En relación al modelo global (véase columna 6, cuadro 4.7) el cálculo del índice de Malmquist refleja un cambio promedio en la Productividad Total de Factores de -1,1% para todo el período 2002-2008 a través de las 47 UUPPPP españolas. Este índice, que refleja un descenso en la productividad, se descompone, por un lado, en un cambio promedio de eficiencia técnica de -0,8% y, por otro, en una disminución promedio del cambio tecnológico de -0,3%. Lo cual significa que en las universidades públicas españolas, la disminución de productividad en el período 2002-2008 es el resultado de un desplazamiento de algunas universidades de una situación de eficiencia hacia la “ineficiencia” y de una contracción de la frontera de mejores prácticas.

Si analizamos lo ocurrido en el modelo global a lo largo del periodo estudiado se observa que la pérdida de productividad se concentra en el principio del periodo, para

⁹⁷ No obstante, para el caso español este problema no es tan importante como en otros países a un nivel agregado, porque todas las 47 UUPPPP tienen entre sus misiones principales la docencia y la investigación.

recuperarse después, con lo que la tendencia en cambio de la productividad total de factores va en una dirección positiva, con instituciones que se vuelven más eficientes con el paso del tiempo. El incremento en el número de UUPPPP españolas con mejoras en productividad⁹⁸ ha permitido alcanzar a ellas, en los cursos académicos analizados, cambios que han pasado de -4,6% en 2004/05, a -1,9% en 2006/07 y a 3,5% en 2008/09. Si nos centramos en el último curso analizado, la mejora de la productividad total se descompone en un 4,3% de cambio tecnológico y un -0,7% de cambio en la eficiencia técnica (véase cuadro 4.7), lo que nos indica que esta mejora de la productividad se produce por una expansión de la frontera de mejores prácticas, y no de un incremento en eficiencia.

Un análisis individualizado de los resultados permite observar comportamientos muy diferenciados entre las universidades. En primer lugar, presentamos el caso de las universidades que registran en términos relativos los tres primeros y mejores puestos en el cambio de la productividad, y en segundo lugar, señalamos las tres universidades situadas en los tres últimos lugares del conjunto de instituciones valoradas.

Si atendemos a la evolución de la productividad total de factores (véase columna 6, cuadro 4.7), la universidad que más crece en este indicador es la Universidad Pompeu Fabra, con un crecimiento medio de productividad de 18,3%, el cual se compone de un 10% de mejora en eficiencia técnica (desplazándose hacia la frontera de eficiencia) y un 7,6% de ventaja tecnológica (con un movimiento en la frontera). Esto quiere decir que, en el periodo analizado, esta universidad se ha colocado en la frontera de eficiencia debido al aprovechamiento eficiente de sus recursos técnicos y a la adopción de mejoras tecnológicas en el proceso de la transformación de sus inputs en outputs.

La segunda institución que aumenta en mayor medida su productividad durante el periodo analizado es la Universidad Autónoma de Barcelona con un crecimiento promedio de productividad de 15,3% atribuido a un cambio de 9,9% en mejora tecnológica y un 4,9% de cambio en la eficiencia técnica. Este crecimiento puede

⁹⁸ Los cálculos de índice Malmquist (véase Apéndice 4D), arrojan que en 2002/03-2004/05 las universidades con un índice superior a la unidad suman 16, cifra que aumenta a 18 en 2004/05-2006/07 y para 2006/07-2008/09 resultan 29 universidades con cambios positivos en la productividad.

corresponder a que la universidad, por un lado, ha logrado eliminar la ineficiencia técnica y ha confiado en implementar mejoras tecnológicas.

La Universidad Politécnica de Cataluña ocupa el tercer lugar en términos de crecimiento promedio de la productividad (12,8%), compuesto por un aumento de cambio tecnológico en 11% y una mejora del 1,6% en la eficiencia técnica⁹⁹. Este crecimiento puede atribuirse a que esta universidad, por un lado, haya logrado eliminar gran parte de la ineficiencia técnica y, por otro lado, que la implementación de mejoras tecnológicas sea exitosa.

Cabe mencionar que durante el periodo analizado son 17 UUPPPP las que obtienen en términos relativos un crecimiento de la productividad, situándose éstas en las siguientes Comunidades Autónomas: Comunidad de Cataluña (5), Comunidad Valenciana (3), Comunidad de Andalucía (3), Comunidad de Madrid (2), mientras que, el resto se encuentran en las regiones de Galicia, Murcia, Islas Canarias y Rioja. Este crecimiento puede explicarse por un cambio positivo en eficiencia técnica o un incremento en cambio tecnológico o en ambos. Por ejemplo, las universidades catalanas en su mayoría deben su mejor comportamiento a la implementación de cambios tecnológicos, mientras que las universidades andaluzas explican su aumento de productividad por un cambio positivo en la eficiencia técnica.

En el otro extremo de la escala se encuentran las universidades que reflejan un índice de Malmquist con valores muy bajos, lo que significa un descenso en la productividad total de los factores durante el periodo de estudio. La institución que se sitúa en el último puesto es la Universidad Rey Juan Carlos, que registra un cambio promedio en la productividad de -15,2% a lo largo del período analizado. Al descomponer dicho cambio se observa que este descenso procede de una disminución de -13% en el cambio de la eficiencia técnica y en menor proporción del cambio

⁹⁹ Un ejemplo peculiar es el caso de la Universidad Autónoma de Madrid que se clasifica con un crecimiento de la productividad del 5,9%, atribuible en su totalidad al favorable cambio tecnológico, lo que nos lleva a pensar que se ubica entre las universidades con las mejores prácticas, basándose, en este caso, en la eliminación de la ineficiencia técnica.

tecnológico (-2,5%). Esto nos lleva a pensar que esta universidad a través del tiempo se ha vuelto menos eficiente y se aleja aún más de la frontera de eficiencia.

En la escala de mayor a menor crecimiento, en el penúltimo lugar se ubica la Universidad Las Palmas de Gran Canaria con un índice de Malmquist en términos promedio de -15%, compuesto de un cambio de eficiencia de -10,9% y un cambio tecnológico de -4,7%. Al igual que el caso anterior, el descenso de la productividad se atribuye a la falta de un cambio positivo en eficiencia y a una desmejora tecnológica.

Y continuando en la misma escala, en el antepenúltimo lugar encontramos a la Universidad La Coruña con una disminución promedio en la productividad del -12,6%, comportamiento atribuido a un cambio negativo de la eficiencia (-8,5%) y a un descenso promedio del cambio tecnológico del -4,5%. En este caso, coincide con las dos anteriores donde el cambio negativo responde a que la universidad se desplaza poco hacia la frontera de eficiencia y también se debe a una contracción de sus mejores prácticas en la frontera.

En resumen, los cambios positivos en productividad detectados para las universidades españolas en el período de estudio han sido conducidos favorablemente por el efecto “*frontier shift*” (cambio tecnológico), y en menor proporción por el efecto “*catching up*” (cambio en eficiencia técnica). Mientras que, en el caso de las universidades que registran cambios negativos en su productividad total de factores, se observa la situación contraria, donde el descenso es conducido principalmente por los altos valores negativos del cambio en eficiencia técnica y después por el cambio tecnológico.

Para entender las fuentes que generan esos cambios en el comportamiento de la productividad, hemos examinado al igual que se realizó en el análisis DEA dos especificaciones adicionales del cambio de productividad en las 47 universidades públicas españolas para el periodo de 2002 a 2008. La primera especificación corresponde al cálculo del cambio de productividad únicamente para la actividad docente de las universidades (“modelo sólo docencia”). Y la segunda especificación trata de la medición del cambio de productividad abordando sólo la actividad investigadora de las instituciones en cuestión (“modelo sólo investigación”).

La definición de variables en ambos modelos es idéntica al análisis anterior (“modelo global”), excepto que para la especificación de sólo docencia el número de publicaciones se elimina como output, mientras que, en el modelo de sólo investigación, se prescinde del número de graduados de primero y segundo ciclo. No obstante, se debe tener cuidado en la interpretación de estos resultados, debido al consumo conjunto en inputs relacionados con la enseñanza y la investigación, como señalan Worthington y Lee (2005). Lo ideal sería si los inputs del personal académico y de los gastos podrían haber sido divididos a lo largo de las líneas relacionadas con la investigación y relacionadas con la enseñanza, pero esto no ha sido posible tampoco en esta investigación.

Las medias geométricas del crecimiento para la eficiencia, tecnología y productividad de los cambios porcentuales para ambos modelos (“sólo docencia” y “solo investigación”) son presentadas en el cuadro 4.7. La reducción en el número de outputs, de dos a uno tanto para investigación como para docencia, está normalmente asociada con un incremento en ineficiencia a causa de la reducción en el número de instituciones de mejor práctica que están definiendo la frontera, y este parece ser el caso.

En términos relativos del crecimiento de la productividad en sólo enseñanza, las universidades mejor clasificadas fueron Universidad Politécnica de Cartagena (8,9%), Universidad Carlos III (2,6%), y Universidad Pompeu Fabra (1,7%), con un índice promedio de -6,1% del sector universitario para dicha actividad en el periodo 2002-2008. Este índice negativo del cambio de la productividad, se compone de un cambio tecnológico negativo (-5,8%) y de un cambio de eficiencia técnica de -0,3% (véase Modelo sólo docencia en el cuadro 4.7). Estos cambios pueden ser atribuidos al poco o nulo aprovechamiento de las mejoras tecnológicas, lo que se traduce en una contracción de la frontera de mejores prácticas, y además trabajan con ineficiencia técnica, es decir, en términos promedio están operando lejos de la frontera.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes cursos académicos, la tendencia de la productividad en la actividad docente es positiva, pues pasó de -9,5% en 2004/05 a -0,5% en 2008/09. Esta variación se atribuye a mejoras en el cambio de

eficiencia técnica y en el cambio tecnológico. Sin embargo, dichos cambios no han sido suficientes para alcanzar índices de Malmquist positivos.

Por otro lado, en términos relativos al crecimiento de la productividad sólo con investigación, las universidades mejor clasificadas son la Universidad Pompeu Fabra (38,2%), la Universidad Rey Juan Carlos (31,9%) y la Universidad de León (27,7%), donde el crecimiento de la productividad en investigación en las UUPPPP en promedio fue de 14,6% para el periodo 2002-2008. Este cambio positivo en la productividad se atribuye, por un lado, a un 12,2% del crecimiento en el componente de cambio tecnológico y, por otro lado, al componente del cambio en eficiencia técnica que presenta un promedio de 2,2% en el período de estudio (véase Modelo sólo investigación en el cuadro 4.7). Estos cambios pueden ser atribuidos a la adopción de mejoras tecnológicas por dichas universidades, más que a un incremento en la eficiencia, lo que ha provocado una expansión de la frontera de mejores prácticas.

Con esta desagregación del análisis se observa que, en términos relativos, gran parte del crecimiento de la productividad en las universidades durante este período se asoció con aumentos en la productividad de la investigación. Y la mayoría pueden ser explicados porque todas las universidades han favorecido la expansión de la frontera en el tiempo. Por el contrario, los cambios en la productividad de enseñanza han sido descensos y en gran parte relacionados con la falta de mejoras tecnológicas. El aumento en el cambio de la productividad de sólo investigación es principalmente atribuido a las mejoras tecnológicas y muy poco en las ganancias de eficiencia, mientras que las pérdidas en la función de enseñanza están en su mayoría relacionadas con la remoción de las mejoras tecnológicas y en menor proporción a la ineficiencia técnica.

Nuestros hallazgos revelan que en términos globales, en su mayoría las universidades públicas españolas están dejando de mejorar su eficiencia técnica y de aprovechar las mejoras tecnológicas. Por lo que, dichas instituciones deberían reconsiderar sus ventajas competitivas, para la renovación de sus estrategias en un contexto de educación superior europeo que está rápidamente siendo más competitivo. Sin embargo, los fuertes efectos de cambios de frontera sugieren que el papel positivo de una eficiencia técnica mejorada debe ser sostenido por desarrollos en las técnicas de

producción (ej. el aprendizaje a distancia, el aumento de estándares cualitativos, tecnologías de información y comunicación).

Obviamente, nuestros resultados deben ser interpretados con precaución, entre otras cosas por la dificultad de modelar adecuadamente el proceso de producción de universidades, especialmente en un contexto donde la información recogida todavía requiere mayor depuración y que pueda ser perfectamente comparable. Sin embargo, nuestra experimentación con especificaciones alternativas de los modelos sugieren que los resultados son robustos –y ellos son consistentes con los únicos estudios más recientes realizados para el caso español (García Aracil *et al.* 2010; Agasisti y Pérez Esparrells, 2010)¹⁰⁰.

¹⁰⁰ Los dos estudios sobre índice de Malmquist encuentran que el cambio en eficiencia técnica es el componente que explica el crecimiento de la productividad, independientemente de las variables incluidas y el período analizado.

Cuadro 4.7. Cambios en la media geométrica de eficiencia, tecnología y productividad en docencia e investigación, sólo docencia y sólo investigación, para las 47 UUPPPP españolas en el periodo 2002/03 - 2008/09

MODELO GLOBAL						MODELO SOLO DOCENCIA						MODELO SOLO INVESTIGACIÓN						
MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS																		
year	effch	techch	pech	sech	tfpch	Rk	effch	techch	pech	sech	tfpch	Rk	effch	techch	pech	sech	tfpch	Rk
2002/03-2004/05	-3.2	-1.5	-0.9	-2.3	-4.6	3	-9.2	-0.3	0	-9.2	-9.5	3	7.8	3.1	2.8	4.8	11.1	3
2004/05-2006/07	1.5	-3.4	-1.7	3.3	-1.9	2	14.1	-19.5	1.6	12.4	-8.1	2	-1.2	19.1	-5	4	17.7	1
2006/07-2008/09	-0.7	4.3	-1.4	0.7	3.5	1	-4.4	4.1	-2.5	-1.9	-0.5	1	0.2	14.9	1.4	-1.2	15.1	2
mean	-0.8	-0.3	-1.3	0.5	-1.1		-0.3	-5.8	-0.3	0	-6.1		2.2	12.2	-0.3	2.5	14.6	
MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS																		
firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	rk	effch	techch	pech	sech	tfpch	rk	effch	techch	pech	sech	tfpch	rk
UAL	-0.3	-2	-0.8	0.6	-2.3		-1.3	-6.1	-4.5	3.4	-7.3		1.1	9.1	-5.5	6.9	10.3	17
UCA	4.8	-4.5	6.1	-1.2	0.1	17	5.2	-5.9	7	-1.7	-2.5		-4.6	10	-7	2.6	5	
UCO	1.3	1.7	1.2	0.1	3	11	4.4	-6.7	5.3	-0.8	-2.1		2.9	14.5	1.5	1.4	17.9	15
UGR	0	-0.8	0	0	-0.8		-2	-6	0	-2	-7.9		4.5	8.2	4	0.4	13	
UHU	-7	-5.6	-6.6	-0.4	-12.2		-7	-6.4	-6.6	-0.4	-12.9		7	12.1	3.7	3.1	20	11
UJA	5.4	-2.8	1	4.4	2.4	13	7	-5.8	5.9	1	0.8	6	-3.6	9.4	-7.5	4.3	5.5	
UMA	0.6	-2.8	3.2	-2.5	-2.2		2.3	-6.1	3.9	-1.5	-3.9		-6.2	14.2	-6.2	-0.1	7.1	
UPO	0	-3.7	-1.8	21.9	-3.8		0.1	-5.8	-1.8	22.1	-5.7		11.9	15.2	-23.4	46.1	28.9	3
USE	-1.7	-4.2	2.4	-4	-5.9		-2	-5.7	2.4	-4.3	-7.5		-1.8	8.3	-3.4	1.6	6.3	
UZA	-6	-1.3	-6.7	0.7	-7.2		-9	-5.6	-7.7	-1.4	-14.1		6	11	5.7	0.3	17.7	16
UOV	-0.3	0.1	-0.5	0.3	-0.2		0.4	-5.8	1.5	-1.1	-5.4		-0.3	11.2	0	-0.3	11	
UIB	0	-0.9	0.6	-0.6	-0.9		0.2	-4.8	0.2	0	-4.6		3.6	9.6	5	-1.4	13.6	
ULL	4.7	2.6	4.6	0.1	7.5	7	5.8	-6	6.5	-0.6	-0.5		6.9	8.2	7.4	-0.4	15.7	
ULPGC	-10.9	-4.7	-10.2	-0.7	-15		-11.5	-5.7	-10.2	-1.4	-16.6		-0.3	9.1	-0.4	0.1	8.8	
UCN	-0.2	-2	0.5	-0.6	-2.1		-1.7	-6.1	-1.6	0	-7.7		4.7	13.3	4.6	0.1	18.7	13
UCLM	-2.8	-4	-0.4	-2.4	-6.7		-2.8	-5.4	-0.4	-2.4	-8		6	15.2	5.2	0.7	22.1	6
UBU	-1.3	-5.3	-5	3.9	-6.5		-1.3	-5.9	-5	3.9	-7.1		2.4	9.7	5	-2.4	12.3	
ULE	3.9	-3.8	3.4	0.4	-0.1		4	-5.8	4	0	-2		10.8	15.2	9.4	1.4	27.7	4
USAL	-3.1	-2.6	-0.5	-2.6	-5.6		-1.5	-5.8	0.1	-1.7	-7.3		-3.8	13.5	-4.1	0.4	9.3	
UVA	-5	-3.4	-4.4	-0.6	-8.2		-5.6	-5.7	-4.4	-1.3	-11		1.6	8.2	1.4	0.2	9.9	
UAB	4.9	9.9	4.3	0.6	15.3	2	3.9	-6.3	5.3	-1.4	-2.7		6.5	13.2	5	1.4	20.5	9
UBA	1.4	6.3	0	1.4	7.8	6	1	-6.1	5	-3.8	-5.1		2.9	11.7	0	2.9	15	
UDG	1	-1.7	3.5	-2.3	-0.6		-1.4	-5.4	-1.4	-0.1	-6.7		9.6	11	9.2	0.3	21.6	7
UDL	-4.3	0.5	-4.2	-0.2	-3.8		-4.8	-5.7	-6.1	1.3	-10.3		4.6	15.1	-0.9	5.5	20.4	10
UPC	1.6	11	3	-1.4	12.8	3	2.2	-5.5	4.1	-1.8	-3.4		3.9	15.2	2.8	1	19.7	12
UPF	10	7.6	6.8	2.9	18.3	1	7.5	-5.5	7.6	-0.1	1.7	3	20	15.2	9.2	9.8	38.2	1
URV	2.1	3.9	0	2.1	6	8	7.1	-6.9	7.1	0.1	-0.2		5.3	14.6	0.6	4.7	20.7	8
UAL	-1.2	-2.9	-1.2	-0.1	-4.1		-1.2	-5.6	-0.1	-1.1	-6.8		7	10	7.5	-0.4	17.7	
UJCS	-2.6	3.4	-4.8	2.3	0.7	16	2.9	-5.7	3.3	-0.4	-3		-9.4	15.2	-14.4	5.8	4.4	
UMH	1.3	8.9	-9.9	12.4	10.3	5	6.8	-5.4	6.1	0.7	1	4	0.5	15.2	-10	11.6	15.8	
UPVA	0.6	-1.7	1.3	-0.7	-1.2		-0.2	-6.1	1.4	-1.6	-6.3		10.1	12.6	9.2	0.8	24	5
UVEG	2.3	2.3	2.2	0.1	4.6	10	3.2	-6.5	4.4	-1.1	-3.6		3.4	14.4	2	1.4	18.3	14
UEX	0	-0.9	0	0	-0.9		0	-4.3	0	0	-4.3		5.2	8.2	8.5	-3	13.9	
ULC	-8.5	-4.5	-7.3	-1.3	-12.6		-8.5	-5.5	-7.3	-1.3	-13.5		-4.4	9.5	-3.6	-0.9	4.6	
USC	-2.6	5.1	-2.3	-0.3	2.3	14	-2.2	-6	-0.8	-1.3	-8.1		-2.6	13.3	-2.2	-0.4	10.3	
UVI	-4.9	-1	-4.4	-0.6	-5.9		-4.7	-7.4	-2.9	-1.9	-11.8		-3.6	13.4	-4.6	1	9.3	
UAH	-2.4	0.3	-0.5	-2	-2.1		0.2	-5.7	1.9	-1.7	-5.5		-2.3	15.2	-4.3	2.1	12.5	
UAM	0	5.9	0	0	5.9	9	1.1	-5.7	2.8	-1.6	-4.6		0	9	0	0	9	
UCAR	3.4	-0.5	5	-1.5	2.9	12	8.1	-5.1	10.6	-2.2	2.6	2	-14.4	15.2	-17.3	3.4	-1.4	
UCM	-7	0	0	-7	-7		-11	-6.3	0	-11	-16.6		4.1	11	-0.2	4.3	15.5	
UPM	0	-1.8	0.3	-0.3	-1.8		-0.6	-5.8	1.2	-1.7	-6.4		1.6	8.4	0.3	1.3	10.2	
URJC	-13	-2.5	-11.4	-1.8	-15.2		-13	-5.1	-11.5	-1.7	-17.4		14.7	15	7.4	6.8	31.9	2
UMU	1.5	-1.4	1.7	-0.2	0		1.1	-5.7	2.9	-1.8	-4.6		2.9	8.4	2.2	0.7	11.6	
UPCT	8.4	2.9	0	8.4	11.6	4	15.7	-5.8	-15.7	37.2	8.9	1	2.6	13.6	0	2.6	16.6	
UPN	-5.1	0.8	-7.7	2.9	-4.3		-2.8	-5.3	-2.8	0	-8		-1.9	15.2	-6.5	4.9	13	
UPV	-8.6	-3.2	-0.1	-8.5	-11.5		-8.1	-5.8	-0.1	-8	-13.4		-1.7	13.5	2	-3.6	11.6	
URI	7.1	-5.3	0	7.1	1.5	15	7.3	-6	0	7.3	0.9	5	-2	15.1	0	-2	12.9	
mean	-0.8	-0.3	-1.3	0.5	-1.1		-0.3	-5.8	-0.3	0	-6.1		2.2	12.2	-0.3	2.5	14.6	
[Note that all Malmquist index averages are geometric means]																		

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

Estos hallazgos son coherentes con los resultados de García Aracil *et al.* (2010) en su análisis de cambio en productividad en universidades españolas, donde encuentran que en la especificación sólo enseñanza en términos promedio hay una disminución de -1,5% en el período 1995-2006 para 42 universidades. Mientras que en nuestro análisis, decrece un -6,1% la productividad total de factores en la actividad de enseñanza en el período 2002-08. Por otro lado, existe coincidencia en cuanto al crecimiento de la productividad enfocado en investigación, donde dichas autoras obtienen un índice promedio anual de 5,4% ocasionado por un aumento de 5,5% en el cambio de eficiencia técnica, mientras que, nuestro estudio arroja un promedio de 14,6% explicado por un cambio tecnológico de 12,2%. Ambos estudios coinciden en destacar el crecimiento de la productividad total que se ha manifestado en la actividad de investigación de las universidades públicas españolas, aunque difieren en el componente que propicia dicho comportamiento.

En relación al estudio de Agasisti y Pérez Esparrells (2010) encuentran que el cambio de productividad para las universidades españolas fue de 1,06% compuesto de un aumento de 1,23% en la eficiencia técnica y un cambio de frontera en 0,85%. Sin embargo, dichos autores expresan que los resultados del índice de Malmquist no proveen información sobre la dinámica de eficiencia de las universidades españolas, porque sólo computan el cambio de productividad entre el año académico 2000/01 y 2004/05, por tanto, nuestros hallazgos difícilmente podrían ser comparables con dichos resultados.

Es evidente que, a través de todas las universidades públicas españolas, la tendencia positiva en el cambio de la productividad total de factores durante el período 2002-2008 es el resultado de cambios tecnológicos favorables que generan la expansión de la frontera de mejores prácticas, en lugar de cualquier mejora en la eficiencia técnica. Una sugerencia es que, en términos relativos, el sector universitario es relativamente eficiente y que las mejoras tecnológicas han sido bien distribuidas en el sector. Sin embargo, se requiere hacer mayores esfuerzos para incrementar el cambio de eficiencia técnica y el cambio tecnológico sobre todo en aquellas universidades que manifiestan índices negativos y de esta forma lograr desplazarse hacia la frontera de mejores prácticas y así provocar una expansión de la misma en el sector universitario español.

4.7. Recapitulación

En este capítulo hemos planteado dos objetivos, evaluar la eficiencia productiva y medir el cambio de la productividad de las Universidades Públicas Presenciales Españolas en el periodo 2000-2009. El primero de ellos, que consiste en analizar la eficiencia técnica, ha utilizado un modelo DEA convencional (asumiendo rendimientos variables a escala y con una orientación output) bajo tres escenarios denominados: 1) Modelo DEA global; 2) Modelo DEA ajustado por homogeneidad, y; 3) Modelo DEA ajustado por función de producción separada y por homogeneidad.

Estos modelos fueron aplicados para las 47 instituciones de educación superior, que constituyen la “columna vertebral” del Sistema Universitario Español en el periodo 2000-2009. Una de las principales diferencias de este análisis con respecto a otros referentes a España, es que la mayoría de éstos evalúan la eficiencia de las universidades para un solo año de estudio. Evidentemente, esta es una de las mayores críticas que recibían esos trabajos, por ello se ha tratado de paliar esa carencia analizando la eficiencia técnica de las 47 UUPPPP en diversos cursos académicos (2002/03, 2004/05, 2006/07, 2008/09).

La selección de inputs y outputs es un aspecto crucial en todas las evaluaciones de la eficiencia que empleen metodologías no paramétricas. En nuestro caso, los inputs incluidos en el análisis fueron: a) Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo y b) Gastos corrientes en bienes y servicios; y los outputs fueron: a) Número de graduados y b) Número de publicaciones (artículos ISI).

Una mención especial debe realizarse a la aportación que este trabajo realiza al analizar la importancia y necesidad de incluir la variable de ingresos de la investigación (monto I+D) en la evaluación del desempeño de las universidades públicas. Actualmente existe un debate si esta variable debe considerarse como output o input, y como se ha remarcado hasta el momento no hay consenso con respecto a su clasificación. Sin embargo, con la información adicional arrojada del modelo econométrico trabajado en el capítulo tres de esta tesis, se ha tomado la decisión de incluir la variable monto I+D como un input para evaluar la eficiencia técnica de las UUPPPP. Cabe aclarar que dicho input solamente es considerado cuando se evalúa la actividad investigadora de las universidades.

La metodología DEA representó una herramienta útil para medir la eficiencia relativa dentro de una organización compleja como una universidad, donde se realizan distintos tipos de actividades de docencia e investigación sobre las cuales no existe un criterio definido para cuantificar la importancia relativa de cada una.

Como se ha indicado, el primer objetivo ha consistido en evaluar la eficiencia productiva, para ello, se ha utilizado la metodología DEA bajo tres escenarios distintos:

En el primer escenario, donde se estima la eficiencia productiva de las actividades universitarias (docencia e investigación) hemos observado el rendimiento de las UUPPPP españolas de forma general e individual en el período 2002-2008, donde fue comprobado que el índice de eficiencia para las instituciones en conjunto, en términos promedio, ha descendido con el tiempo. Sin embargo, dichos resultados se encuentran sesgados porque se están comparando universidades con diferentes estructuras de inputs y perfiles de outputs, y además no cumplimos con la homogeneidad de la muestra exigencia de la metodología DEA. Con la finalidad de disminuir el sesgo presentado en los resultados anteriores, hemos planteado el siguiente escenario donde se agrupan las instituciones en grupos homogéneos.

Este segundo escenario se refiere a la aplicación del DEA en los distintos grupos de universidades (generalistas, semigeneralistas y un grupo formado por ambos), donde los índices resultan más satisfactorios en respuesta a que se examinan grupos relativamente homogéneos, siendo diferentes del análisis anterior, lo que nos permite corroborar que el sector universitario español no puede ser evaluado como un único conjunto en términos de eficiencia.

No obstante, también se observa un sesgo en los resultados debido al desconocimiento de si dicha eficiencia proviene de sólo la actividad docente o investigadora, o de ambas. Los índices obtenidos de eficiencia consideran los outputs como uno sólo compartiendo inputs, por tanto, los resultados están sesgados porque implican que una universidad es eficiente de forma general, sin importar que actividad produzca este rendimiento. Una alternativa para superar esta dificultad es evaluar la eficiencia técnica separando docencia e investigación como dos funciones de producción independientes, surgiendo el siguiente escenario.

En el escenario tercero, se calcula la eficiencia de las universidades que conforman el grupo de generalistas y semigeneralistas considerando la docencia e investigación como dos funciones de producción independientes. Los resultados permiten observar el poder discriminatorio de la técnica DEA, dado que señalan cuales son las universidades relativamente eficientes identificando que actividad propicia dicho comportamiento. Así también, se observa que aquellas universidades eficientes en docencia, no registran el mismo desempeño en la actividad en investigación, y son muy pocos casos donde coinciden en las dos funciones de producción.

Por tanto, aún con ciertas limitaciones, este escenario es el que muestra mayor nitidez porque nos ha permitido observar en términos técnicos el enfoque que adopta cada una de las universidades del grupo objeto de estudio, para los distintos cursos académicos. Con dichos hallazgos observamos que al desagregar la función de producción en docencia e investigación la aplicación de la técnica DEA se vuelve más discriminatoria en un 15% aproximadamente, y también se hace notar que en el modelo de sólo docencia el número de universidades eficientes desciende al pasar del curso académico 2002/03 al curso 2008/09, situación contraria en el modelo sólo investigación, donde el número de IES eficientes se incrementa a través del tiempo.

Los resultados obtenidos por el DEA llevan consigo el supuesto de que la tecnología de producción se mantiene sin cambios a lo largo del tiempo, por lo que los hallazgos deben ser tomados con cierta cautela. No obstante, este supuesto se verá relajado al abordarse el segundo objetivo para permitir diferentes fronteras de eficiencia en los distintos años para evaluar si ha habido un desplazamiento de la frontera y el cambio de la productividad en el sector.

Como fue mencionado en el primer párrafo de este epígrafe de recapitulación, el segundo de los objetivos se ha planteado para complementar el análisis de eficiencia técnica, y consiste en comprobar si ha habido algún cambio en la productividad a nivel de universidades y, en caso afirmativo, en qué medida y en cuales IES, durante el periodo 2002-2008. Para ello hemos utilizado los índices Malmquist, con enfoque no paramétrico, que permiten descomponer el cambio de la productividad en dos componentes: 1) en el cambio de eficiencia técnica, y 2) el cambio tecnológico.

El análisis del cambio de productividad de las UUPPPP españolas en el período de 2002 a 2008, ha sido abordado mediante tres modelos: 1) modelo global, incluye docencia e investigación; 2) modelo sólo docencia; y 3) modelo sólo investigación, siendo éstos comparables en su planteamiento a los estudios de Worthington y Lee (2005) y de García Aracil *et al.* (2010).

En el caso del primer modelo “global”, con los resultados obtenidos se observa un índice promedio de Malmquist de -1,1% en el período 2002-2008, lo que significa un descenso promedio en el cambio de productividad a través de las UUPPPP españolas en dicho periodo de estudio. Este cambio promedio negativo se descompone, por un lado, en un cambio en eficiencia técnica de -0,8% y, por otro, en un cambio tecnológico de -0,3%. Por tanto este descenso (-1,1%), es explicado por el desplazamiento de algunas universidades “eficientes” hacia convertirse en “ineficientes” y una contracción de la frontera de mejores prácticas.

Una vez revisada la evolución del índice de Malmquist a lo largo del periodo estudiado, hemos observado que la pérdida de productividad se concentra al principio del periodo, para recuperarse después, con lo que la tendencia en cambio de productividad total de factores va en una dirección positiva, con instituciones que se vuelven más eficientes. El incremento en UUPPPP españolas con mejoras en productividad ha permitido alcanzar a ellas, en los diversos cursos académicos cambios promedio de productividad que han pasado de -4,6% en 2004/05 a 3,5% en 2008/09, siendo principalmente atribuidos a los aumentos registrados en el cambio tecnológico y en menor proporción al cambio en eficiencia técnica, lo que nos indica una expansión de la frontera de mejores prácticas, más que un incremento en eficiencia.

Un análisis individualizado de los resultados permite observar comportamientos muy diferenciados entre las universidades. Las universidades con los índices positivos más altos llegando a ocupar los primeros lugares son: la U. Pompeu Fabra, la U. Autónoma de Barcelona y la U. Politécnica de Cataluña, quienes reflejan un cambio tecnológico positivo y en menor proporción un cambio positivo en la eficiencia técnica. Y las universidades con altos índices negativos que las ubican en los últimos lugares son: la U. Rey Juan Carlos, la U. Las Palmas de Gran Canaria, y la U. La Coruña,

comportamiento atribuido a la falta de cambios tecnológicos y cambios en eficiencia técnica.

Dentro de este contexto, para entender mejor los cambios registrados en el modelo global han sido analizados dos estudios suplementarios, hemos abordado en uno sólo la actividad de docencia (dejando fuera el número de publicaciones como output), y en el otro hemos evaluado únicamente a la investigación (excluyendo el número de graduados como output).

En relación, al modelo de sólo enseñanza se obtiene un índice promedio de -6,1%, que se compone de un cambio tecnológico negativo (-5,8%) y de un cambio de eficiencia técnica de -0,3%. Estos cambios pueden ser atribuidos al poco o nulo aprovechamiento de las mejoras tecnológicas en las UUPPPP españolas, reflejando una contracción de la frontera con las mejores prácticas, y además la mayoría de las universidades operan con bajos niveles de eficiencia técnica, esto es, en términos promedio, están operando lejos de la frontera.

En el modelo de sólo docencia hemos observado que el componente de eficiencia técnica en el curso 2004/05-2006/07 mostró un cambio positivo de un 14,1%. Lo que nos lleva a reflexionar que algunos de los logros alcanzados por las universidades en la prestación de servicios de biblioteca electrónica y de materiales de aprendizaje, y sistemas de gestión de estudiantes en línea e intercambio de estudiantes, etc., han podido beneficiar el crecimiento de la productividad en la actividad de docencia, en particular, durante estos años.

En el período de análisis se han observado incrementos en las variables *proxy* de inputs y outputs: el Personal Docente e Investigador, el Personal de Administración y Servicios, el número de graduados, los Gastos corrientes en bienes y servicios, lo cual puede coadyuvar el cambio para el mejor desempeño de las instituciones. El hecho de que existe un cambio positivo en la eficiencia técnica, también nos indica que la mayoría de las universidades están operando cerca de la frontera de mejores prácticas, lo que sugiere la amplia difusión de mejores prácticas docentes para mejorar los outputs.

En el caso del modelo sólo investigación, las universidades públicas españolas en el periodo 2002-2008 obtienen un cambio promedio de la productividad en la

investigación de 14,6%, donde este cambio positivo se atribuye, por un lado, a un 12,2% del crecimiento en el componente de cambio tecnológico, y por otro lado, al componente del cambio en eficiencia técnica que promedió 2,2%. La tendencia positiva de la productividad en la investigación, puede ser atribuida a la adopción de mejoras tecnológicas por dichas universidades, más que a un incremento en la eficiencia, lo que ha provocado una expansión de la frontera de mejores prácticas.

Ciertamente, ha habido posibilidades de mejorar el crecimiento de la productividad en la actividad investigadora, ya que las nuevas universidades han desarrollado culturas de investigación basadas en las buenas prácticas establecidas en las universidades más antiguas. La promoción y “recompensa” de la investigación de alto rendimiento (*scientific papers*), la inversión en las oficinas de investigación orientadas a aumentar el número de solicitudes de subvenciones, contratos, convenios, la proliferación de conferencias y lugares de árbitros de revistas nacionales e internacionales, y el énfasis general que se asigna a la investigación en todas las universidades públicas, facultades, escuelas y departamentos.

Estos cambios han podido traer mejores rendimientos a la mayoría de las universidades conduciéndolas hasta la frontera de mejores prácticas en el modelo de sólo investigación. Siendo esta una actividad intensiva de mano de obra y apoyada por mejoras tecnológicas nos permite tener una perspectiva de crecimiento sostenido de mejoras de la productividad en investigación. Llevando en consideración que es una función que ha cambiado mucho en España durante el periodo analizado.

Los mayores crecimientos de la productividad en investigación¹⁰¹ se han encontrado tanto en las más pequeñas, normalmente nuevas universidades, así como en universidades medianas. Esto sugiere que estas universidades pueden estar en una mejor posición para implementar algunas de las principales fuentes de crecimiento de la productividad. Estas fuentes de crecimiento de la productividad incluyen: i) mejoras en los procesos de producción; ii) una mejor integración de estos procesos; iii) aumento en la escala de producción; iv) propuestas para mejorar la calidad de los inputs; y v) cambiar el alcance de las operaciones. A medida que estas instituciones vayan

¹⁰¹ Véase apéndice 4D.

madurando, por lo menos algunos de estos cambios pasarán a segundo plano y el crecimiento de la productividad probablemente comenzará a disminuir, pero también es asequible que algunas de estas fuentes de crecimiento de la productividad que requieren más tiempo para cambiar, como la calidad del Personal Docente e Investigador (PDI), empiecen a dar beneficios a más largo plazo.

En conclusión, con el modelo global (docencia e investigación) y con el modelo de sólo docencia el cambio de la productividad en las UUPPPP españolas ha disminuido. Mientras que, en el modelo de sólo investigación, las mayores ganancias registradas se basan en el cambio tecnológico, o sea, las 47 universidades públicas utilizan los inputs referentes a la actividad investigadora de manera eficiente para obtener outputs, aprovechando el favorable entorno de investigación español en estos años.

En la presente investigación hemos corroborado que las universidades públicas españolas en términos de eficiencia productiva estimada por la técnica DEA independientemente del modelo utilizado y el cambio de la productividad calculado mediante el índice de Malmquist sufren un descenso. Sin embargo, basándonos particularmente en los resultados del cambio promedio de productividad total de factores observamos que, el descenso de la eficiencia técnica trae aparejado una mejora en el cambio tecnológico tanto en el modelo global, como en los modelos separados para docencia e investigación, y dicha mejora está siendo aprovechada por la mayoría de las universidades.

Cabe hacer mención que los resultados del análisis de eficiencia técnica y cambio de productividad para las UUPPPP españolas se reconocen fiables, por un lado, porque hemos utilizado la técnica DEA que aun con sus limitaciones, es un instrumento muy potente en la evaluación del sector público, y por otro lado, hemos seleccionado variables proxy de inputs y outputs que se encuentran, según la valoración de 37 expertos españoles en materia de evaluación, dentro del grupo de indicadores que mejor

describen y permiten evaluar el desempeño de las universidades públicas en España¹⁰² (Palomares Montero, 2010).

En términos de futuras investigaciones, una mejora fundamental de este tipo de estudios realizados para el caso español es que cuenten directamente con mejores indicadores para medir no sólo cantidad sino calidad de inputs y outputs. Por ejemplo, en términos de eficiencia técnica (modelo DEA convencional sólo para la actividad de docencia) y del cambio de la productividad (índice Malmquist en el modelo de sólo docencia) alcanzado por algunas universidades en España a través de altos niveles de finalización de los estudios sólo se haya logrado a costa de sacrificar la “calidad” de los egresados. Desde otra perspectiva, es poco probable que los inputs y outputs que intervienen en el proceso de producción a través del sector sean constantemente de la misma calidad. Es evidente que el énfasis actual del gobierno español en su empeño de mejorar la calidad de la investigación es un “paso” en esa dirección. En última instancia se puede producir nueva información (catálogo de indicadores) que ayudará a los futuros trabajos de eficiencia y productividad, por lo que les permitirá incluir la cantidad y dimensiones de la calidad en sus análisis.

¹⁰² El panel estuvo formado por expertos con altos cargos académicos y de gestión en la universidad pública española, agrupados en cuatro categorías: Rectores, Gerentes, Vicerrectores y Directores de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación -OTRI- (Palomares Montero y García Aracil, 2011).

CONCLUSIONES FINALES

CONCLUSIONES FINALES

En este último apartado se recogen las conclusiones obtenidas a lo largo del proceso de investigación de la tesis, así como algunas recomendaciones de gestión universitaria, y la delineación de nuevas líneas de trabajo.

El objetivo de esta tesis ha sido estudiar el rendimiento de las Universidades Públicas Presenciales (UUPPPP) españolas a lo largo del tiempo, en términos de eficiencia técnica y cambio de productividad total de factores; análisis insistentemente recomendado por los estudiosos del tema en España y en otros países, por cuanto la visión de un análisis dinámico permite conocer la evolución del Sistema Universitario Público Español en el siglo XXI y los factores que han propiciado los cambios tan necesarios para preparar un nuevo sistema productivo de la sociedad del conocimiento.

Partiendo de una realidad existente, el Sistema Universitario Español (SUE) que, a partir de mediados de los años 80, ya inició un cambio hacia la mejora del desempeño, se ha llevado a cabo un estudio detallado sobre la eficiencia técnica y el cambio de productividad de las universidades públicas presenciales españolas durante el periodo 2000/01 a 2008/09, para entender mejor su situación comparada en la primera década de este nuevo siglo y las líneas futuras de modernización de las universidades que lo integran, motivado por la competitividad que reclama día a día el nuevo entorno económico.

En este sentido, cabe destacar que, una de las principales acciones puestas en marcha por el Gobierno de España para alcanzar dicha competitividad, es la Estrategia Universidad 2015, como una iniciativa encauzada a la modernización de las universidades españolas, donde se persigue que dichas instituciones busquen la máxima eficiencia para coadyuvar en el logro de su objetivo último: “*preparar y formar a las nuevas generaciones de jóvenes a afrontar una nueva etapa histórica*”. Así, es preciso que los gestores universitarios y *policy-makers* cuenten con estudios sobre evaluación del desempeño de las universidades en periodos anteriores, para superar debilidades y amenazas y potenciar las fortalezas y oportunidades y para la toma de decisiones encaminadas hacia la mejora continua del SUE en el horizonte temporal de 2020.

Dentro de este contexto, tiene cabida la presente tesis que ha contrastado dos hipótesis centrales que han sido planteadas desde la propia introducción:

1) Sí las UUPPPP españolas han mejorado parcialmente su desempeño en términos de eficiencia productiva (técnica DEA) en el período de 2002 a 2008;

2) Sí se ha producido un cambio positivo en la evolución del cambio en la productividad total de factores (índice de Malmquist) de las UUPPPP españolas, a lo largo del tiempo analizado (2002-2008).

Además, se ha contrastado una hipótesis adyacente, pero principal en la investigación, confirmando que existe un patrón de especialización de las UUPPPP españolas en el período de 2000 a 2008.

A lo largo de los capítulos se van dando respuesta a estas hipótesis, siempre teniendo en cuenta la misma unidad de estudio: las Universidades Públicas Presenciales (UUPPPP) que, sin duda, constituyen la “columna vertebral” del SUE y, sobre las que ha girado la expansión de la educación superior en España, poniendo énfasis en el periodo 2000-2009 tras el cual en nuestra opinión finaliza el ciclo de expansión del SUPE, precisamente el periodo de tiempo analizado en esta investigación. Para lograr dichos objetivos, se han realizado aportaciones teóricas, metodológicas, descriptivas y analíticas que soportan las conclusiones obtenidas en cada uno de los capítulos precedentes.

Así el **primer capítulo** se dedica a la selección de la metodología idónea para el estudio que se pretende llevar a cabo. Para ello, se describen, en primer lugar, los aspectos teóricos de eficiencia y productividad, que han sustentado la metodología en la que se basa esta investigación. Tras un repaso de los conceptos y modelos básicos relacionados con la evaluación de la eficiencia, se desglosan los modelos que mejor se ajustan a las características del problema analizado, en nuestro caso, el análisis de la eficiencia productiva y la medición de productividad en las universidades públicas españolas. Dentro de las dos grandes metodologías se ha optado por el Análisis Envolvente de Datos (DEA), técnica basada en la programación lineal, y que, a nuestro modo de ver y de acuerdo a una gran mayoría de autores, es la que mejor se adapta a las

múltiples características de los servicios producidos por el Sector Público y, en concreto, del sector educativo.

Una vez elegida la metodología, fue preciso seleccionar la especificación que mejor nos permitía concretar el objetivo de estudio. Revisados distintos modelos teóricos y con los antecedentes del uso de la técnica en diferentes contextos de educación superior (Reino Unido, Estados Unidos, Australia, Alemania, Italia, España, Brasil, Sudáfrica, China, Turquía, etc.) y por las particularidades del proceso productivo que se realiza en el Sistema Universitario Español, nos hemos decantado por el modelo DEA convencional bajo una orientación output y con rendimientos variables a escala (denominado BCC debido a los autores pioneros Banker, Charnes y Cooper), y el índice de cambio de productividad total de factores de Malmquist con rendimientos constantes a escala.

Cuando se utilizan ambas técnicas para explicar el mismo objeto de estudio (en nuestro caso, UUPPPP), éstas se observan complementarias al evaluar la eficiencia técnica, dado que la primera se aplica bajo rendimientos variables a escala con un enfoque estático, y la segunda requiere rendimientos constantes a escala, aportando un enfoque dinámico, ya que examina el cambio de la productividad total de factores a lo largo del tiempo. Dicho cambio se descompone en “el cambio de eficiencia técnica” y “el cambio tecnológico”.

La metodología DEA también se denomina análisis de tipo frontera, porque utiliza las unidades con mejores prácticas para construir la frontera de eficiencia, curva de referencia para las unidades que operan con ineficiencia técnica y se ubican por debajo de esa curva. Es importante e indispensable cumplir dos condiciones necesarias antes de aplicar dicha metodología, por un lado, la muestra de estudio (UUPPPP) debe ser lo más homogénea posible y, por otro lado, la selección de variables *proxy* de inputs (recursos) y outputs (resultados) que participan en el proceso de producción educativo a nivel superior debe ser lo más cuidadosa posible, atendiendo a las limitaciones propias de las bases de datos disponibles que existen en el panorama universitario español.

La primera condición se ha convertido en el objetivo del **segundo capítulo**, en el que se ha realizado una clasificación de las UUPPPP españolas para los cursos académicos 2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07 y 2008/09¹⁰³, acorde con las necesidades de nuestra investigación. Para llevar a cabo la clasificación hemos recurrido al análisis de conglomerados o análisis cluster, técnica que consiste en agrupar distintos objetos en grupos con características similares dentro de ellos, pero diferentes entre sí. Para ello, ha sido necesario seleccionar la variable de aglomeración que mejor recoge las características de las universidades en cuanto al análisis de eficiencia y productividad que se quería abordar. La decisión fue aglomerar en función del Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo (PDIETC) con el nivel de desagregación que nos permitían los datos, esto es, por rama de enseñanza: humanidades; ciencias sociales y jurídicas; experimentales; ciencias de la salud y; técnicas. Dado que no hay datos disponibles directamente sobre esta variable, fue necesario estimarla para la totalidad de los profesores ETC, agregando profesores funcionarios con el resto de figuras de profesorado, para obtener una variable clave en esta investigación y en cualquier estudio que analice la actividad docente e investigadora de la universidad.

Mediante los resultados del análisis cluster hemos observado que en el mapa universitario español se definen claramente tres conglomerados en todos los cursos estudiados, en función del empleo y la movilidad inter-temporal del PDIETC entre las distintas ramas de enseñanza. El primer grupo, denominado de universidades generalistas, muestra aquellas instituciones que tienen una distribución muy uniforme o relativamente parecida del PDIETC entre las cinco ramas de enseñanza. El segundo grupo, de universidades semi-generalistas, conformado por las universidades con un PDIETC distribuido principalmente entre cuatro ramas, siendo residual su participación en la rama de técnicas. El tercer grupo, designado como universidades técnicas, está compuesto por las universidades con un PDIETC concentrado en la rama de técnicas. Y un grupo disperso, compuesto de 3 o 4 universidades atípicas que no ha sido analizado.

¹⁰³ La periodicidad bianual precisamente se fundamenta en la disponibilidad de información en España. La fuente principal de información a partir de la que se ha elaborado esta tesis han sido los Informes bianuales de la CRUE *La Universidad en Cifras (varios años)*.

Cabe resaltar que ésta exploración de patrones de comportamiento de homogeneidad de las UUPPPP españolas a lo largo del tiempo es el primer estudio de este género que se realiza con un enfoque dinámico¹⁰⁴ en un período de tiempo extenso (nueve años en períodos bianuales) frente a los existentes, de carácter estático y por un solo año. Lo que representa una aportación importante de esta tesis en el avance de los estudios enfocados a la clasificación de universidades, teniendo en este caso como variable de agregación al PDIETC por rama de enseñanza¹⁰⁵.

Las diferencias encontradas entre los grupos reflejan patrones claros de especialización de las universidades, lo que nos permite confirmar la hipótesis adyacente planteada al inicio de la investigación. Además dichas diferencias parecen ser lo suficientemente importantes para descartar cualquier evaluación conjunta de todas las UUPPPP, dado que sus requerimientos de recursos son distintos en las actividades de docencia, investigación y difusión de esta última existentes entre las diversas ramas de conocimiento. Una evaluación de la eficiencia técnica neutral y no sesgada de antemano requiere circunscribir las comparaciones a las universidades que se caracterizan por su similitud en la distribución de PDIETC por ramas de enseñanza. Aunado a lo anterior, los resultados del estudio piloto aquí realizado del DEA aplicado a las UUPPPP españolas en conjunto para cada uno de los años de estudio, corroboran la importancia de realizar un análisis de eficiencia con una muestra menos heterogénea de observaciones, porque así se evitan comparaciones entre universidades tan disímiles, que pueden conducir a resultados erróneos y grupos de referencia para el propósito de *benchmarking* no adecuados.

Para dar cumplimiento con la segunda condición ineludible en el análisis envolvente de datos (DEA), en el **tercer capítulo** hemos seleccionado las variables

¹⁰⁴ Gómez Sancho (2002) fue pionero con este tipo de análisis en España realizando un DEA con agrupación homogénea de las universidades para el año 2000 pero con la variable titulaciones, que era la única posibilidad en términos de información en aquel momento.

¹⁰⁵ De hecho, otros estudios en curso puestos en marcha por el Ministerio de Educación y la Alianza 4U para analizar la actividad investigadora en la universidad española (IUNE) están trabajando en esta línea de investigación y tienen como punto de partida la decisión clave de que variable de “profesores” resulta la más adecuada, por ejemplo, en función del PDI doctor ETC y como agruparla en función de las ramas de conocimiento (CNEAI, otras, etc.)

proxy de inputs y outputs que permitan explicar mejor el proceso productivo de las UUPPPP españolas dentro de las limitaciones impuestas por la información disponible.

Dicha selección de variables está basada en una revisión de la literatura sobre la aplicación del DEA en la educación superior, y en los análisis estadístico y econométrico realizados para fundamentar empíricamente las posibles relaciones entre inputs y outputs que participan en las actividades de docencia e investigación efectuadas por las universidades públicas españolas.

Mediante el análisis de literatura, se ha comprobando que la identificación y selección de las variables no es tan sencilla como pudiese parecer y los resultados difieren según la metodología seleccionada. Por lo general, las variables *proxy* de los inputs son establecidas en función de la naturaleza de la utilización de los recursos humanos, financieros y materiales para obtener determinados outputs. Y en relación a las variables *proxy* de los outputs, éstas son resultado de las actividades desarrolladas por las universidades (docencia e investigación) traduciéndose principalmente en la formación de alumnos y en la producción científica (artículos, libros, patentes, conferencias-*proceedings*-, entre otros). Existe un amplio debate en la variable de ingresos de la investigación (monto I+D), en concreto, en si debe considerarse como output o input, hasta el momento no hay consenso con respecto a su clasificación en la literatura internacional.

Teniendo en consideración los estudios previos del DEA en la educación superior, en un primer momento seleccionamos las siguientes variables *proxy* de: i) inputs: Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo-PDIETC-, Personal de Administración y Servicios-PAS-, los Gastos corrientes en bienes y servicios; y ii) outputs: número de graduados, número de artículos ISI, e ingresos de la investigación I+D. No obstante, para la selección definitiva nos hemos apoyado en un análisis de correlación y un modelo econométrico propio (donde la variable dependiente es la producción científica) realizado con tal propósito para esta investigación para el caso de las UUPPPP españolas.

Los resultados obtenidos, por un lado, han corroborado que la variable producción científica es un buen indicador de output de investigación para evaluar a las universidades, y por otro lado, manifestaron que: la variable PAS refleja una asociación

mínima con el resto de las variables en estudio al observar un coeficiente de correlación bajo, y resulta no significativa estadísticamente en el modelo econométrico, por lo que hemos decidido no incluirla como input; la variable ingresos de la investigación mostró mayor nivel de significancia estadística a medida que se aplicaron más rezagos, al momento de hacer efectivo cuatro años dicho ingreso es cuando se observa un incremento en el nivel de significancia del 10% al 5%. En consecuencia, y esta es otra aportación clave de esta tesis, esta variable ha sido considerada como un input, aunque sólo cuando se evalúa la eficiencia de la actividad investigadora.

Por tanto, con la revisión de literatura y el análisis estadístico y econométrico se ha propuesto concretar la selección de tres inputs aproximando los recursos utilizados por las universidades evaluadas por medio de: personal docente e investigador equivalente a tiempo completo (PDIETC); gastos corrientes en bienes y servicios; y, por último, los ingresos de la investigación -retardados cuatro años y solo para la actividad investigadora-. Por otro lado, se han considerado dos outputs: el número de graduados; y la producción científica -número de artículos ISI-, para aproximar los resultados de la actividad docente e investigadora, respectivamente.

Sin embargo, la elección decisiva de las variables, está en función de la información disponible de cada universidad, lo que confirma las diferencias encontradas en toda la literatura de los trabajos analizados. Aquí cabe mencionar la tarea pendiente a quien corresponda, sobre la mejora necesaria de las bases de datos que recojan información de indicadores que reflejen las actividades efectuadas por las instituciones de educación superior y en la que se está trabajando y mejorando con el paso de los años, especialmente gracias a la elaboración de los Informes bianuales de La Universidad en Cifras de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas.

Una vez cumplido con los requerimientos de la técnica DEA, estamos en condiciones de evaluar el rendimiento de las 47 Universidades Públicas Presenciales Españolas de manera conjunta, por grupo homogéneo e individual para los cursos académicos 2002/03, 2004/05, 2006/07, 2008/09, cuyo procedimiento y realización se recoge en el **cuarto capítulo**. En primer lugar, hemos realizado un análisis multi-periodo de eficiencia técnica con tres escenarios bajo el modelo DEA convencional (rendimientos variables a escala y con orientación output): escenario 1) un modelo

“convencional”, que evalúa las actividades de docencia e investigación en conjunto para todas las universidades; escenario 2), un modelo “ajustado por homogeneidad”, que analiza ambas actividades para los grupos de universidades generalistas, semigeneralistas y un grupo formado por ambas; escenario 3) un modelo “ajustado por función de producción separada y por homogeneidad”, que estudia la eficiencia separando la función de producción en docencia e investigación para el grupo formado de universidades generalistas y semigeneralistas. Entre las principales diferencias de este análisis con respecto a otros referentes a España, es que hemos estudiado el rendimiento de las UUPPPP en distintos años, con grupos homogéneos de universidades, y también hemos separado la función de producción en las actividades de docencia y de investigación.

Una vez aplicada la metodología DEA en la evaluación de la eficiencia, hemos observado que, cuando las 47 UUPPPP son analizadas como un grupo único, el rendimiento promedio global sufre un descenso durante el período 2002-2008, resultado que puede ser no fiable por los problemas que hemos señalado de homogeneidad de la muestra. Mientras que, si calculamos la eficiencia, por un lado, sólo para el grupo de universidades generalistas y, por otro, para el grupo de semigeneralistas, entonces los resultados son más satisfactorios, ya que estamos comparando aquellas universidades con estructuras parecidas según la distribución porcentual del PDIETC por rama de enseñanza y se puede decir que la eficiencia de cada grupo de universidades mejora, ya sea en todo el período o, sólo, en algunos años. Los resultados obtenidos por el DEA llevan consigo el supuesto de que la tecnología de producción se mantiene sin cambios a lo largo del tiempo, por lo que los hallazgos deben ser tomados con cierta cautela. Además, hemos analizado el desempeño de las universidades con la función de producción descompuesta en dos partes, siendo una docencia y la otra investigación, donde se ha comprobado el poder discriminatorio de la técnica DEA, resultando que aquellas universidades eficientes en docencia, no registran el mismo desempeño en la actividad de investigación.

Para complementar la evaluación del desempeño de las UUPPPP con un enfoque dinámico, hemos calculado el índice de Malmquist, que mide el cambio de productividad total de factores en el tiempo, con tres modelos diferentes: global, sólo

docencia y sólo investigación¹⁰⁶. En términos generales, las UUPPPP españolas registran un índice promedio de Malmquist negativo (-1,1%) en el período 2002-2008, lo que significa un descenso en la productividad total de factores que puede atribuirse a una desmejora tecnológica y a una baja eficiencia técnica. Si bien es cierto que analizando la evolución del índice a lo largo del tiempo, la tendencia se invierte desde un índice negativo (-4,6%) obtenido en el curso 2002-2003, se pasa a un índice positivo del 3,5% en el último curso analizado 2008-2009, que obedece a un notable incremento en el componente de cambio tecnológico (de -1,5% a 4,3%) y en menor proporción a la mejora del cambio en eficiencia técnica (de -3,2% a -0,7%), aunque no resulta suficiente para remontar el índice promedio global. Este índice positivo de 3,5% puede ser explicado porque en el periodo 2006/07- 2008/09 se han puesto en marcha modelos de financiación universitaria que tienen en cuenta para la distribución de la financiación no sólo los inputs sino también los outputs (a través de contratos-programas aplicados en muchas Comunidades Autónomas).

Para conocer con mayor detalle el comportamiento de las universidades en términos de productividad hemos realizado dos análisis suplementarios. En el primer modelo fue evaluada sólo la actividad de docencia, donde se observó un índice promedio de -6,1% en la productividad total de factores, durante todo el período, asociado con una caída en el componente de cambio tecnológico (con un promedio de -5,8%). Lo que nos lleva a reflexionar que la mayoría de las universidades públicas (excepto seis de ellas) no estuvieron operando cerca de la frontera de mejores prácticas en estos cursos académicos, donde diversos logros como la utilización de plataformas virtuales (uso de la web como apoyo a la docencia, uso de las nuevas tecnologías para potenciar la interacción con los estudiantes y su implicación en el aprendizaje), servicios de biblioteca electrónica, sistemas de gestión en línea de servicios a estudiantes, actividades de formación para la docencia, proyectos de innovación e investigación docente, entre otras, no se están aprovechando al 100% en todas las universidades para beneficiar el crecimiento de la productividad en la actividad de docencia, en particular durante estos años.

¹⁰⁶ Un análisis pionero en España sobre el cambio de la productividad total de factores para universidades públicas españolas, donde los modelos propuestos son acorde a las misiones de la universidad, es el realizado por García Aracil *et al.* (2010).

En el segundo modelo hemos evaluado sólo la actividad de investigación en las universidades públicas, observándose un índice promedio de la productividad de 14,6% en el período de estudio, asociado principalmente a una mejora en el componente de cambio tecnológico (12,2%), en lugar de a aumentos significativos en el componente de la eficiencia técnica (2,2%). Este progreso tecnológico que implica mejores rendimientos en la mayoría de las universidades encaminándolas hasta la frontera de mejores prácticas, puede atribuirse al desarrollo de las culturas de investigación basadas en las buenas prácticas, el mayor impulso y “recompensa” (a través de los sexenios) de la investigación de alto rendimiento (*scientific papers*), la inversión en las oficinas de investigación orientadas a aumentar el número de solicitudes de subvenciones, contratos, convenios, la proliferación de conferencias y lugares de árbitros de revistas nacionales e internacionales, etc.

Por otro lado, hay que señalar que los mayores crecimientos de la productividad en investigación se han encontrado, tanto en las más pequeñas, normalmente universidades nuevas o de relativamente reciente creación, como en universidades medianas y medianas-grandes, quienes han aprovechado favorablemente los cambios sucedidos en el entorno de la actividad investigadora. Esto sugiere que estas universidades pueden estar en una mejor posición para implementar algunas de las principales fuentes de crecimiento de la productividad (mejoras en los procesos de producción, mejor integración de estos procesos, aumento en la escala de producción, mejorar/invertir en la calidad de los inputs, y cambiar el alcance de las operaciones). A medida que estas instituciones vayan madurando, es posible que algunas de estas fuentes de crecimiento, que requieren más tiempo para transformarse en aumentos de productividad, como la inversión en la calidad del Personal Docente e Investigador (PDI), empiecen a dar beneficios a más largo plazo. No obstante, puede existir también el riesgo de que algunos de los cambios reseñados dejen de considerarse prioritarios, ubicándose en un segundo plano y, como consecuencia, el crecimiento de la productividad comience a disminuir.

En términos globales, en el **cuarto capítulo** hemos encontrado que, en el período 2002-2008, la mayoría de las UUPPPP españolas en el proceso de transformación de recursos (PDIETC y gastos corrientes en bienes y servicios) en resultados (graduados y producción científica) están operando con bajos niveles de

eficiencia, lo que se traduce en una disminución de la productividad total de factores. Probablemente estos resultados negativos (en docencia, principalmente) podrían ser explicados porque el incremento de profesores y recursos destinados a las universidades ha sido en este período en mayor proporción que el aumento de los alumnos, de tal forma que tanto la ratio graduados/profesores como la ratio graduados/recursos han empeorado. Una parte puede atribuirse a que se trata de un promedio y, por tanto, en muchas universidades públicas pueden haberse ofertado titulaciones con pocos alumnos y esto puede ser uno de los motivos que hace que los resultados de docencia no sean tan buenos como serían esperados. No obstante, la mejor dotación en términos de número de profesores (en una actividad tan intensiva en capital humano) es lo que ha permitido la mejora tan notable en la investigación que se ha producido en estos años, al tener relativamente mayor tiempo disponible para la investigación.

Aún así, estos resultados deben tomarse con cautela y las explicaciones de los mismos están sujetas a los problemas mencionados de medición de las variables con los datos disponibles, lo que hace necesario encontrar variables e indicadores que puedan medir mejor la calidad de la educación superior en España. En principio, para grupos más reducidos de estudiantes, como se propone con los estudios de grado derivados del EEES, una mayor parte de los estudiantes debería salir mejor formados y abandonar menos que en la actualidad. Y, por supuesto, en los estudios de productividad que se harán en un futuro, algunas condiciones que están siendo todavía desaprovechadas, por ejemplo, la utilización de las plataformas virtuales y avances tecnológicos pueden verse aprovechadas con la nueva metodología derivada del proceso de convergencia europea.

Esto nos lleva a corroborar la primera hipótesis de que las UUPPPP españolas han mejorado su desempeño en términos de eficiencia técnica en el período de 2002 a 2008 pero solo parcialmente, ya que cuando el rendimiento de estas instituciones fue analizado separando la docencia e investigación se constata que, en su mayoría, las 47 UUPPPP españolas desempeñan sus labores de actividad docente sin aprovechar sustancialmente las condiciones de eficiencia técnica y mejora tecnológica. Mientras que, si el rendimiento de dichas instituciones se evalúa desde el ámbito de la investigación, todas ellas han logrado crecimientos de la productividad total de factores debido al aprovechamiento de las condiciones generadas por mejoras del cambio tecnológico y en menor proporción por un cambio en la eficiencia técnica.

Igualmente podemos afirmar que, con los hallazgos obtenidos en la presente investigación, la segunda hipótesis planteada en un inicio de la tesis debe ser valorada, ya que en relación al cambio de productividad total de factores, aunque las UUPPPP en conjunto manifiestan una media negativa en todo el período, es preciso observar la evolución del índice, donde hay un valor positivo en el último año favorecido por una mejora tecnológica. En términos específicos, se ha contrastado que, las 47 UUPPPP españolas están operando, en su mayoría, en la actividad de docencia con bajos niveles de eficiencia técnica, mientras que presentan, en términos generales, un desempeño positivo en la actividad de investigación, lo que llevaría a los gestores y *policy-makers* a plantearse una renovación de las políticas de incentivos al PDI, dotando de mayor importancia a la actividad docente (y al sistema de incentivos) igual que se hizo en su momento con los premios y recompensas de la actividad investigadora.

Ambas hipótesis han sido analizadas mediante la metodología DEA, en concreto el modelo DEA convencional (rendimientos variables a escala) y los índices de Malmquist. Los resultados obtenidos con las limitaciones de la metodología seleccionada y los datos disponibles se reconocen fiables¹⁰⁷, por un lado, porque hemos utilizado la técnica DEA que, aun con sus desventajas, es un instrumento muy potente en la evaluación del sector público, y por otro lado, hemos seleccionado variables *proxy* de inputs y outputs dentro del grupo de indicadores que mejor describen y permiten evaluar el desempeño de las universidades públicas en España, teniendo en cuenta las más utilizadas en los numerosos estudios revisados en este campo de estudio en la literatura internacional y nacional.

En cuanto a la hipótesis que hemos planteado como adyacente y que se refiere a la existencia de un patrón de especialización de las UUPPPP españolas en el período de 2000 a 2008 se confirma totalmente, ya que como se ha explicado con total contundencia, las diferencias encontradas entre los grupos reflejan patrones claros de especialización de las universidades en función de la distribución del PDIETC. A este

¹⁰⁷ Al comparar estos resultados obtenidos mediante el modelo DEA convencional y los índices de Malmquist, con los rankings universitarios del Informe CYD (2010), con metodologías diferentes se corroboran a las universidades líderes en la actividad de investigación en el período 2000-2009: las Autónomas tanto de Madrid como de Barcelona, junto a la universidad de Barcelona. Además, éstas dos últimas coinciden con las mejor posicionadas en los rankings internacionales precisamente desde su elaboración 2003.

respecto, en futuras investigaciones también será interesante estudiar el patrón de comportamiento del SUPE tomando como variable de clasificación las titulaciones (los nuevos grados), ya que la diversificación y diferenciación que se está produciendo en las universidades españolas tras el llamado proceso de Bolonia afectará, sin duda, a la eficiencia productiva y al cambio de productividad total de los factores.

Por último, una limitación de esta tesis, al igual que la de otras investigaciones sobre eficiencia realizadas para el caso español, es que no tienen en cuenta directamente buenos indicadores que midan la calidad de inputs y outputs. Es evidente que el énfasis actual del gobierno español en su empeño de mejorar la calidad de la información es un “paso” en esa dirección. En última instancia, se puede producir nuevas bases de datos (catálogo de indicadores) que ayudarán a los futuros estudios, permitiéndoles incluir no sólo la cantidad sino también las dimensiones de la calidad en los análisis de eficiencia de las universidades españolas, permitiéndoles ampliar su ámbito de estudio y hacer comparaciones y *benchmarking* con las universidades europeas.

APÉNDICES

APENDICES AL CAPÍTULO 2

2A. Procedimiento para estimar la variable Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo clasificado por Universidades Públicas y rama de conocimiento

El Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo (PDIETC) según la CRUE (2010) es el número total de personas que prestan servicios como funcionarios y contratados en las universidades públicas dedicándose ocho horas por día laboral de acuerdo a sus funciones establecidas. Esta variable ha sido seleccionada para diferenciar las ramas de conocimiento entre las distintas universidades, y su comportamiento es utilizado para observar la homogeneidad de las observaciones (en nuestro caso, universidades) mediante el análisis cluster.

En los informes bianuales (2002, 2004, 2006, 2008, 2010) “La Universidad en cifras” publicados por la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE), se posee información del Personal Docente e Investigador (PDI) clasificado por universidad pública, modalidad (funcionarios y contratados), y rama de enseñanza. Sin embargo, esta información no se encuentra disponible para el Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo (PDIETC), variable considerada como la más adecuada para diferenciar las ramas de conocimiento entre las distintas universidades objeto de estudio. Dada esta indisponibilidad de información, se plantean dos variables alternativas:

1) Personal Docente e Investigador clasificado por universidad, modalidad y rama de enseñanza, información disponible, aunque refleja la desventaja de que su uso puede enmascarar comportamientos diferenciados entre universidades (tengan más o menos personal laboral o parcial).

2) Personal Docente e Investigador Equivalente a Tiempo Completo estimado por universidad y por rama de enseñanza. La estimación se basa en el supuesto de que la contratación de personal laboral se distribuye de manera uniforme entre las ramas de conocimiento, esto es, que los funcionarios y contratados equivalentes a tiempo parcial se reparten de igual manera entre las ramas de conocimiento dentro de cada universidad. Por lo tanto, si aplicamos este criterio idéntico de reparto a todas las universidades es

posible estimar el PDIETC por institución, modalidad y rama de enseñanza. Al tener cada universidad una estructura propia de PDI los resultados obtenidos serán distintos entre éstas.

La utilización de la variable PDIETC frente a PDI sin depurar observa una ventaja porque permite separar el PDI con dedicación a tiempo parcial, en quienes colaboran apoyando en docencia al PDI, más en investigación su participación se queda al margen. Dado que la participación del PDI con tiempo parcial va dirigida a cubrir labores de docencia, es preciso discriminarla para hacer uso de la técnica de Análisis Envoltante de Datos (DEA), la cual dentro de su riqueza abarca el uso compartido de inputs para lograr varios outputs (principalmente docencia e investigación). Si nuestro objeto de estudio fuesen los departamentos esta variable (PDI) sin depurar sería óptima en el uso de la técnica DEA, más sin embargo en la presente tesis nuestro centro de análisis son las universidades.

Hemos optado por la segunda opción, siendo conscientes de las limitaciones que lleva consigo, pero es la más viable para capturar las diferencias por rama de enseñanza de las Universidades Públicas Presenciales españolas (UUPPPP).

El procedimiento para estimar el número de PDIETC es el siguiente:

- 1) Recopilar datos del PDI funcionario y contratado por rama de conocimiento para cada una de las UUPPPP según el curso académico en estudio, en este caso 2000, 2002, 2004, 2006 y 2008;
- 2) Calcular la proporción que representan funcionarios y contratados por rama de enseñanza en el número total del PDI por universidad;
- 3) Calcular lo que representa en términos absolutos cada uno de los porcentajes obtenidos en las tablas resultado del paso 2, considerando como cien por cien el PDIETC total de cada universidad, y así obtenemos la aproximación del PDI funcionario y contratado equivalente a tiempo completo por rama de conocimiento de cada una de las universidades;

- 4) Sumar el PDIETC funcionario y contratado por rama de enseñanza en cada una de las UUPPPP españolas según el año correspondiente de estudio (véase estructura porcentual en los cuadros 1, 2, 3, 4 y 5).

En resumen, se realizó un ajuste del PDI según modalidad (funcionario y contratado) de forma independiente y luego se sumaron obteniendo el PDIETC clasificado por universidad y por rama de enseñanza. El mismo procedimiento se efectuó agrupando ambas modalidades desde un principio, y se observa una diferencia en los resultados del PDIETC comparando ambos ejercicios. El monto total del PDIETC por universidad es igual independientemente de la forma de cálculo, lo que si cambia es la distribución del profesorado por rama de conocimiento dentro y entre las universidades. Así también, se calculó la proporción entre PDI y PDIETC para cada universidad, y resultan iguales sin interferir la forma de cálculo. Esta proporción representa el valor relativo del PDI total equivalente a tiempo parcial.

Una vez estimado el PDIETC clasificado por universidad y rama de enseñanza, se posee la variable “clave” para agrupar las universidades a través del análisis cluster.

Asimismo, para corroborar que los resultados obtenidos están dentro del comportamiento normal en relación al PDI por área de conocimiento y del PDIETC total, se calcularon las proporciones que representan el PDI total de cada área de conocimiento en relación del PDI total, así también se aplicó este cálculo para el PDIETC estimado de cada área de conocimiento en relación al PDI total. El comportamiento normal del profesorado equivalente a tiempo completo se refiere a que registra menos cantidad de personas en relación al profesorado total, por lo tanto las proporciones $PDIETC_{rama}/PDI \text{ total}$ son menores a la razón $PDI_{rama}/PDI \text{ total}$.

Así también, se nota que las ramas de enseñanza que más emplean Personal Docente e Investigador tanto en valores originales como estimados, son: sociales y jurídicas, experimentales, técnicas, humanidades, y ciencias de la salud; para la modalidad de funcionarios se tiene el mismo comportamiento mientras que en contratados, el orden difiere: sociales y jurídicas, ciencias de la salud, técnicas, experimentales y humanidades, predominando el área de sociales y jurídicas.

Nota aclaratoria de la información estimada de la U. del País Vasco, U. Politécnica de Madrid, U. de Vigo, U. Rey Juan Carlos según el año de estudio:

Dada la importancia de contar con información para las 47 Universidades Públicas Presenciales españolas, y ante la no disponibilidad de datos del PDI funcionario y contratado por rama de conocimiento para cuatro universidades (UPV, UPM, UVI y URJC) en distintos cursos académicos, y basándonos en lo que sugiere la teoría de análisis multivariante (Hair *et al.* 2001) en relación a los casos perdidos que son muestra de la inexistencia de información o datos no disponibles. En nuestro caso responde a la segunda explicación, y para tratar este problema existen dos opciones: 1) eliminar los objetos de estudio que muestren casos perdidos; y 2) imputar la información sobre los casos perdidos. Hemos optado por la segunda opción dado que es preferible tener la población total de universidades, y cómo son realmente pocos los casos esta imputación no afecta al comportamiento de las universidades en conjunto.

La estimación de datos faltantes se efectúa según la universidad en estudio, para el caso de la U. del País Vasco como no disponemos de valores para los cursos académicos 2000/01, 2002/03, 2004/05, 2006/07 pero si para el 2008/09 hemos empleado la estructura porcentual de PDI funcionario y contratado por rama de enseñanza de este último año para estimar años anteriores, bajo el supuesto de que la estructura de profesorado por rama es similar en todos los años de estudio. Para el caso de la U. Politécnica de Madrid en los cursos 2004/05 y 2006/07 no disponemos de información, para el año 2006/07 se utilizó la estructura porcentual del PDI del curso 2008/09, mientras que para obtener datos del curso 2004/05 se utilizó el valor promedio calculado de las estructuras porcentuales del PDI de los años 2002/03 y 2006/07. Con respecto a las U. de Vigo y U. Rey Juan Carlos que no registran datos en el curso 2004/05, hemos calculado su valor promediando los porcentajes de PDI funcionario y contratado de los cursos 2002/03 y 2006/07.

Cuadro 1. Estructura porcentual del Personal Docente Investigador Equivalente a Tiempo Completo (PDIETC) clasificado por Universidad Pública y rama de enseñanza.

Curso Académico 2000-2001

Universidad			Humanidades	Sociales y Jurídicas	Experimentales	Cc. de la salud	Técnicas	PDI ETC (total)	PDI (total)	PDI ETC / PDI
1	UALM	U. de ALMERÍA	15	41	24	6	15	679	746	0,91
2	UCA	U. de CÁDIZ	14	23	22	19	20	1283	1569	0,82
3	UCO	U. de CÓRDOBA	12	19	29	22	19	1022	1172	0,87
4	UGR	U. de GRANADA	17	31	25	15	12	2979	3191	0,93
5	UHU	U. de HUELVA	17	39	18	6	21	654	706	0,93
6	UJA	U. de JÁÉN	12	33	25	4	26	793	828	0,96
7	UMA	U. de MÁLAGA	15	35	18	14	19	1676	1833	0,91
8	UPO	U. PABLO DE OLAVIDE	9	75	16	0	0	208	233	0,89
9	USE	U. de SEVILLA	15	29	21	15	21	3431	3828	0,90
10	UZA	U. de ZARAGOZA	18	22	21	24	15	2254	2544	0,89
11	UOV	U. de OVIEDO	14	25	22	20	20	1853	1985	0,93
12	UIB	U. de las ISLAS BALEARES	21	42	20	5	13	751	946	0,79
13	ULL	U. de LA LAGUNA	19	31	27	17	7	1677	1791	0,94
14	ULPGC	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	12	27	14	19	28	1368	1529	0,89
15	UCN	U. de CANTABRIA	10	19	20	18	32	870	1038	0,84
16	UCLM	U. de CASTILLA-LA MANCHA	13	42	9	9	28	1493	1668	0,90
17	UBU	U. de BURGOS	10	35	23	0	32	571	621	0,92
18	ULE	U. de LEÓN	18	27	24	15	15	726	782	0,93
19	USA	U. de SALAMANCA	23	28	16	28	5	1966	2243	0,88
20	UVA	U. de VALLADOLID	16	29	17	17	21	1781	2047	0,87
21	UAB	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	15	36	22	27	0	2248	2876	0,78
22	UBA	U. de BARCELONA	18	31	20	31	0	3560	4184	0,85
23	UDG	U. de GIRONA	17	33	19	5	26	669	804	0,83
24	UDL	U. de LLEIDA	18	24	19	19	20	570	670	0,85
25	UPC	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	1	5	21	0	73	2072	2305	0,90
26	UPF	U. POMPEU FABRA	23	65	9	0	3	656	816	0,80
27	URV	U. ROVIRA I VIRGILI	14	27	10	28	21	778	927	0,84
28	UAL	U. de ALICANTE	20	35	18	9	18	1414	1674	0,84
29	UJCS	U. JAUME I DE CASTELLÓN	18	42	10	0	31	669	811	0,82
30	UMH	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	6	13	22	32	27	547	682	0,80
31	UPVA	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6	13	21	1	59	2026	2163	0,94
32	UVEG	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	15	40	22	20	3	2669	3106	0,86
33	UEX	U. de EXTREMADURA	11	27	23	23	16	1497	1677	0,89
34	ULC	U. de LA CORUÑA	11	27	13	8	42	1116	1179	0,95
35	USC	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	21	22	28	22	8	1965	2146	0,92
36	UVI	U. de VIGO	15	31	20	0	33	1353	1537	0,88
37	UAH	U. de ALCALÁ DE HENARES	12	23	26	22	16	1126	1511	0,75
38	UAM	U. AUTÓNOMA DE MADRID	17	33	27	20	3	1898	2168	0,88
39	UCAR	U. CARLOS III DE MADRID	5	47	8	0	40	922	1015	0,91
40	UCM	U. COMPLUTENSE DE MADRID	16	35	17	31	1	5085	6022	0,84
41	UPM	U. POLITÉCNICA DE MADRID	3	4	20	1	72	3032	3325	0,91
42	URJC	U. REY JUAN CARLOS	0	65	18	17	0	616	695	0,89
43	UMU	U. de MURCIA	16	35	22	20	7	1453	1646	0,88
44	UPCT	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	0	25	0	0	75	399	433	0,92
45	UPNA	U. PÚBLICA DE NAVARRA	3	39	24	5	30	618	691	0,89
46	UPV	U. del PAÍS VASCO (1)	13	31	17	15	25	3451	3699	0,93
47	URI	U. de LA RIOJA	22	27	23	0	28	345	371	0,93
TOTAL UU.PP. PRESENCIALES			14	29	20	16	21	70.789	80.433	0,88

UU.PP.: Universidades Públicas

(1): Información estimada

Fuente: Elaboración propia, a partir de CRUE (2002).

Cuadro 2. Estructura Porcentual del Personal Docente Investigador Equivalente a Tiempo Completo (PDIETC) clasificado por Universidad Pública y rama de enseñanza.

Curso Académico 2002-2003

Universidad			Humanidades	Sociales y Jurídicas	Experimentales	Cc. de la salud	Técnicas	PDI ETC (total)	PDI (total)	PDI ETC / PDI
1	UALM	U. de ALMERÍA	14	41	23	6	16	710	768	0,92
2	UCA	U. de CÁDIZ	12	26	20	23	19	1268	1526	0,83
3	UCO	U. de CÓRDOBA	14	19	25	24	18	1034	1184	0,87
4	UGR	U. de GRANADA	17	31	23	17	12	3045	3284	0,93
5	UHU	U. de HUELVA	13	42	18	7	20	661	724	0,91
6	UJA	U. de JAÉN	12	32	25	4	26	819	854	0,96
7	UMA	U. de MÁLAGA	15	34	18	13	19	1789	1933	0,93
8	UPO	U. PABLO DE OLAVIDE	11	71	18	0	0	381	430	0,89
9	USE	U. de SEVILLA	15	28	20	15	22	3618	3990	0,91
10	UZA	U. de ZARAGOZA	15	27	21	21	16	2452	2785	0,88
11	UOV	U. de OVIEDO	14	29	25	11	20	1874	1999	0,94
12	UIB	U. de las ISLAS BALEARES	20	40	19	7	14	808	1018	0,79
13	ULL	U. de LA LAGUNA	19	31	27	16	7	1693	1824	0,93
14	ULPGC	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	13	27	14	19	27	1387	1549	0,90
15	UCN	U. de CANTABRIA	11	21	19	18	32	901	1098	0,82
16	UCLM	U. de CASTILLA-LA MANCHA	12	40	7	12	29	1621	1866	0,87
17	UBU	U. de BURGOS	10	36	21	0	32	582	639	0,91
18	ULE	U. de LEÓN	17	30	23	15	15	821	887	0,93
19	USA	U. de SALAMANCA	22	31	26	14	7	2037	2326	0,88
20	UVA	U. de VALLADOLID	15	28	18	17	22	2061	2398	0,86
21	UAB	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	17	34	17	26	6	2331	2970	0,78
22	UBA	U. de BARCELONA	19	35	24	20	2	3731	4440	0,84
23	UDG	U. de GIRONA	16	34	19	4	25	724	883	0,82
24	UDL	U. de LLEIDA	18	25	18	19	20	564	652	0,87
25	UPC	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	1	6	20	1	72	2224	2500	0,89
26	UPF	U. POMPEU FABRA	21	62	11	0	6	687	887	0,77
27	URV	U. ROVIRA I VIRGILI	18	27	14	26	16	761	874	0,87
28	UAL	U. de ALICANTE	20	37	19	5	20	1524	1826	0,83
29	UJCS	U. JAUME I DE CASTELLÓN	16	44	16	0	24	768	941	0,82
30	UMH	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	4	20	31	28	17	623	771	0,81
31	UPVA	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6	15	22	1	57	2225	2396	0,93
32	UVEG	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	13	40	20	22	4	2991	3159	0,95
33	UEX	U. de EXTREMADURA	12	25	21	23	19	1563	1763	0,89
34	ULC	U. de LA CORUÑA	14	25	11	10	41	1142	1206	0,95
35	USC	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	21	21	29	21	8	1975	2147	0,92
36	UVI	U. de VIGO	15	34	18	0	33	1355	1555	0,87
37	UAH	U. de ALCALÁ DE HENARES	12	22	25	23	18	1217	1585	0,77
38	UAM	U. AUTÓNOMA DE MADRID	17	33	26	20	3	1913	2182	0,88
39	UCAR	U. CARLOS III DE MADRID	5	46	6	0	44	1050	1156	0,91
40	UCM	U. COMPLUTENSE DE MADRID	15	36	19	28	1	5102	6021	0,85
41	UPM	U. POLITÉCNICA DE MADRID	3	4	20	1	73	2801	3070	0,91
42	URJC	U. REY JUAN CARLOS	10	49	25	16	0	737	825	0,89
43	UMU	U. de MURCIA	14	35	18	27	6	1556	1755	0,89
44	UPCT	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	1	14	23	0	62	462	512	0,90
45	UPNA	U. PÚBLICA DE NAVARRA	3	39	22	4	32	643	733	0,88
46	UPV	U. del PAÍS VASCO (1)	13	31	17	15	25	3584	3858	0,93
47	URI	U. de LA RIOJA	22	29	21	0	28	370	419	0,88
TOTAL UU.PP. PRESENCIALES			14	30	20	15	21	74.185	84.168	0,88

UU.PP.: Universidades Públicas

(1): Información estimada

Fuente: Elaboración propia, a partir de CRUE (2004).

Cuadro 3. Estructura Porcentual del Personal Docente Investigador Equivalente a Tiempo Completo (PDIETC) clasificado por Universidad Pública y rama de enseñanza.

Curso Académico 2004-2005

Universidad			Humanidades	Sociales y Jurídicas	Experimentales	Cc. de la salud	Técnicas	PDIETC (total)	PDI (total)	PDI ETC / PDI
1	UALM	U. de ALMERÍA	14	39	23	6	18	724	798	0,91
2	UCA	U. de CÁDIZ	15	24	22	19	21	1267	1499	0,85
3	UCO	U. de CÓRDOBA	12	17	28	25	18	1073	1251	0,86
4	UGR	U. de GRANADA	17	31	23	17	12	3156	3410	0,93
5	UHU	U. de HUELVA	15	40	18	7	20	738	823	0,90
6	UJA	U. de JAÉN	12	31	24	7	26	856	895	0,96
7	UMA	U. de MÁLAGA	15	35	17	13	20	1815	1995	0,91
8	UPO	U. PABLO DE OLAVIDE	15	69	14	1	1	472	576	0,82
9	USE	U. de SEVILLA	14	28	20	15	22	3690	4079	0,90
10	UZA	U. de ZARAGOZA	15	28	20	20	17	2676	3086	0,87
11	UOV	U. de OVIEDO	14	28	25	11	22	1912	2039	0,94
12	UIB	U. de las ISLAS BALEARES	19	40	18	9	15	868	1120	0,78
13	ULL	U. de LA LAGUNA	18	31	27	16	7	1694	1845	0,92
14	ULPGC	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	13	27	15	18	27	1399	1554	0,90
15	UCN	U. de CANTABRIA	11	21	19	17	32	902	1117	0,81
16	UCLM	U. de CASTILLA-LA MANCHA	15	35	15	8	27	1687	1976	0,85
17	UBU	U. de BURGOS	10	37	21	1	31	592	653	0,91
18	ULE	U. de LEÓN	17	29	24	15	16	868	941	0,92
19	USA	U. de SALAMANCA	21	28	18	20	14	1992	2306	0,86
20	UVA	U. de VALLADOLID	16	28	16	17	24	2120	2461	0,86
21	UAB	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	17	30	17	29	6	2341	3034	0,77
22	UBA	U. de BARCELONA	18	36	18	25	3	3663	4517	0,81
23	UDG	U. de GIRONA	15	35	20	4	25	784	970	0,81
24	UDL	U. de LLEIDA	27	14	18	25	17	633	756	0,84
25	UPC	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	1	7	20	1	72	2278	2555	0,89
26	UPF	U. POMPEU FABRA	10	73	10	0	7	653	878	0,74
27	URV	U. ROVIRA I VIRGILI	15	27	12	25	21	973	1235	0,79
28	UAL	U. de ALICANTE	20	36	19	5	20	1645	1921	0,86
29	UJCS	U. JAUME I DE CASTELLÓN	14	45	16	0	25	816	1007	0,81
30	UMH	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	4	21	28	28	19	706	893	0,79
31	UPVA	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6	15	21	1	57	2397	2582	0,93
32	UVEG	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	14	40	22	19	4	2985	3465	0,86
33	UEX	U. de EXTREMADURA	12	25	21	23	18	1603	1811	0,89
34	ULC	U. de LA CORUÑA	9	31	16	9	35	1247	1326	0,94
35	USC	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	20	22	28	22	8	1974	2172	0,91
36	UVI	U. de VIGO (1)	15	35	16	1	33	1380	1536	0,90
37	UAH	U. de ALCALÁ DE HENARES	11	21	20	28	20	1272	1630	0,78
38	UAM	U. AUTÓNOMA DE MADRID	17	35	26	18	4	2035	2345	0,87
39	UCAR	U. CARLOS III DE MADRID	13	38	6	0	43	1351	1516	0,89
40	UCM	U. COMPLUTENSE DE MADRID	16	34	24	18	9	5077	5896	0,86
41	UPM	U. POLITÉCNICA DE MADRID (1)	3	3	20	1	72	3052	3304	0,92
42	URJC	U. REY JUAN CARLOS (1)	10	49	17	16	8	956	1099	0,87
43	UMU	U. de MURCIA	15	36	18	25	6	1703	1917	0,89
44	UPCT	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	0	16	0	0	84	471	522	0,90
45	UPNA	U. PÚBLICA DE NAVARRA	2	38	22	5	33	691	800	0,86
46	UPV	U. del PAÍS VASCO (1)	13	31	17	15	25	3722	4023	0,93
47	URI	U. de LA RIOJA	18	37	20	0	25	413	477	0,87
TOTAL UU.PP. PRESENCIALES			14	30	20	15	22	77.322	88.611	0,87

UU.PP.: Universidades Públicas

(1): Información estimada

Fuente: Elaboración propia, a partir de CRUE (2006).

Cuadro 4. Estructura Porcentual del Personal Docente Investigador Equivalente a Tiempo Completo (PDIETC) clasificado por Universidad Pública y rama de enseñanza.

Curso Académico 2006-2007

	Universidad		Humanidades	Sociales y Jurídicas	Experimentales	Cc. de la salud	Técnicas	PDIETC (total)	PDI (total)	PDIETC / PDI
1	UALM	U. de ALMERÍA	13	41	23	6	17	749	817	0,92
2	UCA	U. de CÁDIZ	15	23	24	18	21	1333	1542	0,86
3	UCO	U. de CÓRDOBA	15	20	25	23	18	1064	1186	0,90
4	UGR	U. de GRANADA	16	31	22	17	13	3311	3498	0,95
5	UHU	U. de HUELVA	15	40	17	8	20	761	848	0,90
6	UJA	U. de JAÉN	12	30	23	9	26	895	943	0,95
7	UMA	U. de MÁLAGA	15	35	16	13	20	1905	2124	0,90
8	UPO	U. PABLO DE OLAVIDE	15	67	16	1	2	567	692	0,82
9	USE	U. de SEVILLA	14	28	20	15	23	3752	4195	0,89
10	UZA	U. de ZARAGOZA	15	27	21	20	18	2791	3214	0,87
11	UOV	U. de OVIEDO	14	28	25	11	23	1929	2078	0,93
12	UIB	U. de las ISLAS BALEARES	19	41	17	9	14	889	1147	0,78
13	ULL	U. de LA LAGUNA	18	31	26	16	9	1682	1813	0,93
14	ULPGC	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	13	27	13	19	28	1401	1563	0,90
15	UCN	U. de CANTABRIA	11	22	18	17	32	906	1112	0,81
16	UCLM	U. de CASTILLA-LA MANCHA	14	34	14	10	27	1822	2199	0,83
17	UBU	U. de BURGOS	10	37	21	1	31	611	684	0,89
18	ULE	U. de LEÓN	17	27	24	15	17	927	1004	0,92
19	USA	U. de SALAMANCA	20	27	29	13	10	2040	2352	0,87
20	UVA	U. de VALLADOLID	16	28	16	16	24	2166	2519	0,86
21	UAB	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	16	35	19	23	7	2476	3228	0,77
22	UBA	U. de BARCELONA	18	29	32	19	2	3810	4586	0,83
23	UDG	U. de GIRONA	16	35	19	7	23	835	1049	0,80
24	UDL	U. de LLEIDA	16	25	18	21	20	687	825	0,83
25	UPC	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	1	7	20	0	72	2305	2565	0,90
26	UPF	U. POMPEU FABRA	20	57	13	0	9	816	1086	0,75
27	URV	U. ROVIRA I VIRGILI	15	27	10	29	19	770	988	0,78
28	UAL	U. de ALICANTE	20	34	20	5	21	1796	2104	0,85
29	UJCS	U. JAUME I DE CASTELLÓN	15	45	13	0	28	897	1093	0,82
30	UMH	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	4	22	27	28	19	756	955	0,79
31	UPVA	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6	16	21	1	57	2518	2790	0,90
32	UVEG	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	15	40	21	20	4	3028	3564	0,85
33	UEX	U. de EXTREMADURA	11	26	21	23	18	1619	1832	0,88
34	ULC	U. de LA CORUÑA	9	31	9	8	42	1305	1390	0,94
35	USC	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	20	21	28	22	9	1970	2177	0,90
36	UVI	U. de VIGO	15	35	14	2	33	1396	1581	0,88
37	UAH	U. de ALCALÁ DE HENARES	11	22	22	24	21	1319	1698	0,78
38	UAM	U. AUTÓNOMA DE MADRID	18	32	28	16	5	2181	2499	0,87
39	UCAR	U. CARLOS III DE MADRID	5	46	6	0	43	1396	1666	0,84
40	UCM	U. COMPLUTENSE DE MADRID	15	35	20	28	2	5311	6197	0,86
41	UPM	U. POLITÉCNICA DE MADRID (1)	3	3	20	1	72	3066	3309	0,93
42	URJC	U. REY JUAN CARLOS	9	49	9	16	16	1133	1280	0,89
43	UMU	U. de MURCIA	16	33	17	27	6	1802	2087	0,86
44	UPCT	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	0	16	0	0	84	480	537	0,89
45	UPNA	U. PÚBLICA DE NAVARRA	5	36	19	4	35	695	813	0,85
46	UPV	U. de LA PAÍS VASCO (1)	13	30	17	15	25	4245	4602	0,92
47	URI	U. de LA RIOJA	25	27	20	0	27	401	446	0,90
TOTAL UU.PP. PRESENCIALES			14	30	20	15	22	80.514	92.477	0,87

UU.PP.: Universidades Públicas

(1): Información estimada

Fuente: Elaboración propia, a partir de CRUE (2008).

Cuadro 5. Estructura Porcentual del Personal Docente Investigador Equivalente a Tiempo Completo (PDIETC) clasificado por Universidad Pública y rama de enseñanza.

Curso Académico 2008-09

Universidad			Humanidades	Sociales y Jurídicas	Experimentales	Cc. de la salud	Técnicas	PDI ETC (total)	PDI (total)	PDI ETC / PDI
1	UALM	U. de ALMERÍA	13	41	22	7	18	763	834	0,91
2	UCA	U. de CÁDIZ	14	22	23	20	20	1400	1655	0,85
3	UCO	U. de CÓRDOBA	15	21	26	20	18	1098	1222	0,90
4	UGR	U. de GRANADA	16	31	22	18	13	3332	3677	0,91
5	UHU	U. de HUELVA	14	42	17	8	19	779	894	0,87
6	UJA	U. de JAÉN	13	31	22	10	24	979	1059	0,92
7	UMA	U. de MÁLAGA	15	35	16	15	20	2010	2252	0,89
8	UPO	U. PABLO DE OLAVIDE	18	63	16	1	2	727	886	0,82
9	USE	U. de SEVILLA	13	27	20	16	24	3852	4312	0,89
10	UZA	U. de ZARAGOZA	16	23	17	25	18	2949	3510	0,84
11	UOV	U. de OVIEDO	13	27	24	14	22	1990	2159	0,92
12	UIB	U. de las ISLAS BALEARES	20	40	18	9	14	912	1181	0,77
13	ULL	U. de LA LAGUNA	18	30	26	17	9	1642	1769	0,93
14	ULPGC	U. de LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	13	27	14	19	27	1401	1573	0,89
15	UCN	U. de CANTABRIA	10	22	18	17	33	970	1186	0,82
16	UCLM	U. de CASTILLA-LA MANCHA	14	36	14	9	26	1864	2181	0,85
17	UBU	U. de BURGOS	10	37	22	1	30	637	717	0,89
18	ULE	U. de LEÓN	17	28	24	14	18	874	955	0,92
19	USA	U. de SALAMANCA	19	22	19	30	10	2259	2621	0,86
20	UVA	U. de VALLADOLID	17	29	15	16	23	2318	2770	0,84
21	UAB	U. AUTÓNOMA DE BARCELONA	15	34	19	24	7	2526	3426	0,74
22	UBA	U. de BARCELONA	18	34	25	20	3	3763	4853	0,78
23	UDG	U. de GIRONA	14	37	17	6	26	913	1168	0,78
24	UDL	U. de LLEIDA	16	25	17	21	21	679	832	0,82
25	UPC	U. POLITÉCNICA DE CATALUÑA	1	7	20	1	72	2433	2713	0,90
26	UPF	U. POMPEU FABRA	19	60	0	11	10	754	1052	0,72
27	URV	U. ROVIRA I VIRGILI	14	28	10	28	20	784	996	0,79
28	UAL	U. de ALICANTE	19	36	19	5	21	1836	2170	0,85
29	UJCS	U. JAUME I DE CASTELLÓN	16	45	15	0	25	978	1194	0,82
30	UMH	U. MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE	4	25	26	27	18	779	996	0,78
31	UPVA	U. POLITÉCNICA DE VALENCIA	6	17	20	1	57	2646	2924	0,90
32	UVEG	U. de VALENCIA (ESTUDI GENERAL)	15	41	20	20	4	3008	3574	0,84
33	UEX	U. de EXTREMADURA	7	31	15	24	23	1642	1814	0,91
34	ULC	U. de LA CORUÑA	10	29	15	9	37	1315	1423	0,92
35	USC	U. de SANTIAGO DE COMPOSTELA	21	22	29	20	9	1970	2181	0,90
36	UVI	U. de VIGO	16	33	17	0	34	1365	1582	0,86
37	UAH	U. de ALCALÁ DE HENARES	13	20	14	33	20	1354	1740	0,78
38	UAM	U. AUTÓNOMA DE MADRID	20	33	28	15	5	2134	2460	0,87
39	UCAR	U. CARLOS III DE MADRID	7	49	10	0	34	1564	1868	0,84
40	UCM	U. COMPLUTENSE DE MADRID	16	35	24	21	4	5346	6249	0,86
41	UPM	U. POLITÉCNICA DE MADRID	3	3	20	1	72	3137	3386	0,93
42	URJC	U. REY JUAN CARLOS	7	51	8	18	16	1361	1577	0,86
43	UMU	U. de MURCIA	16	34	17	28	6	1888	2216	0,85
44	UPCT	U. POLITÉCNICA DE CARTAGENA	1	20	19	1	60	495	562	0,88
45	UPNA	U. PÚBLICA DE NAVARRA	5	37	18	6	35	746	880	0,85
46	UPV	U. del PAÍS VASCO	12	30	17	16	25	4495	4879	0,92
47	URI	U. de LA RIOJA	22	33	29	0	16	400	459	0,87
TOTAL UU.PP. PRESENCIALES			14	30	19	15	22	83.067	96.587	0,86

UU.PP.: Universidades Públicas

Fuente: Elaboración propia, a partir de CRUE (2010).

2B. DENDOGRAMAS, BAJO EL MÉTODO DE VINCULACIÓN PROMEDIO INTER-GRUPOS, CON LA VARIABLE PDIETC

GRÁFICO 1. CURSO ACADÉMICO 2000/01

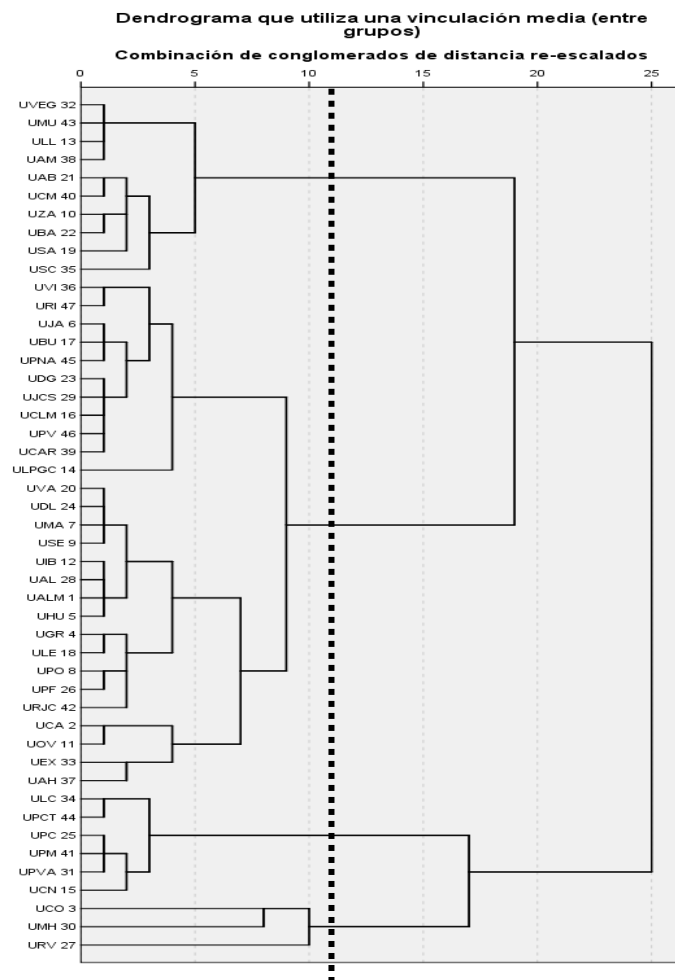


GRÁFICO 2. CURSO ACADÉMICO 2002/03

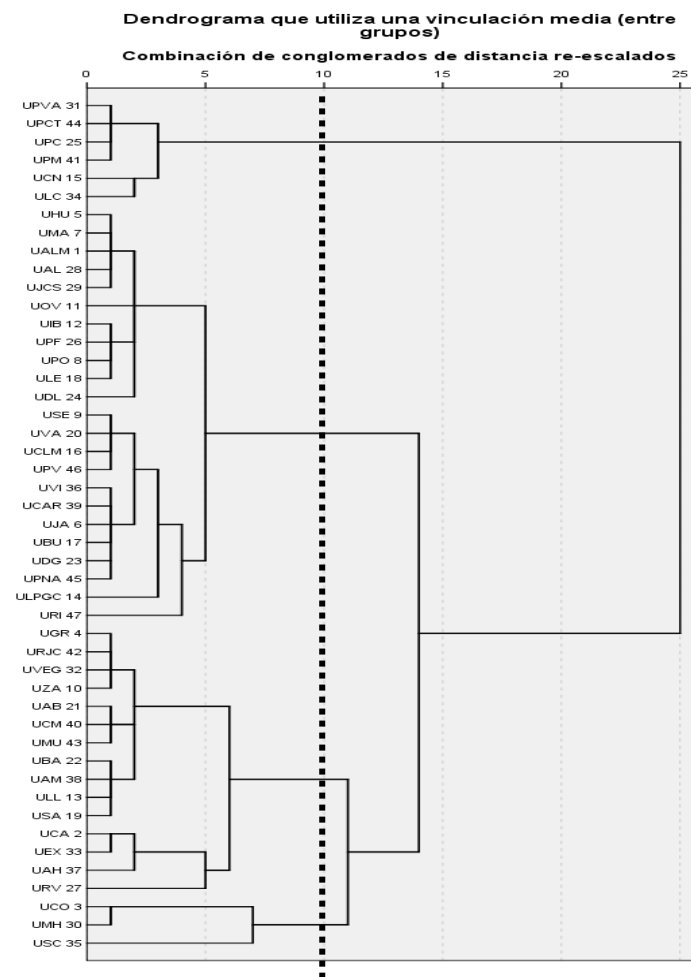


GRÁFICO 3. CURSO ACADÉMICO 2004/05

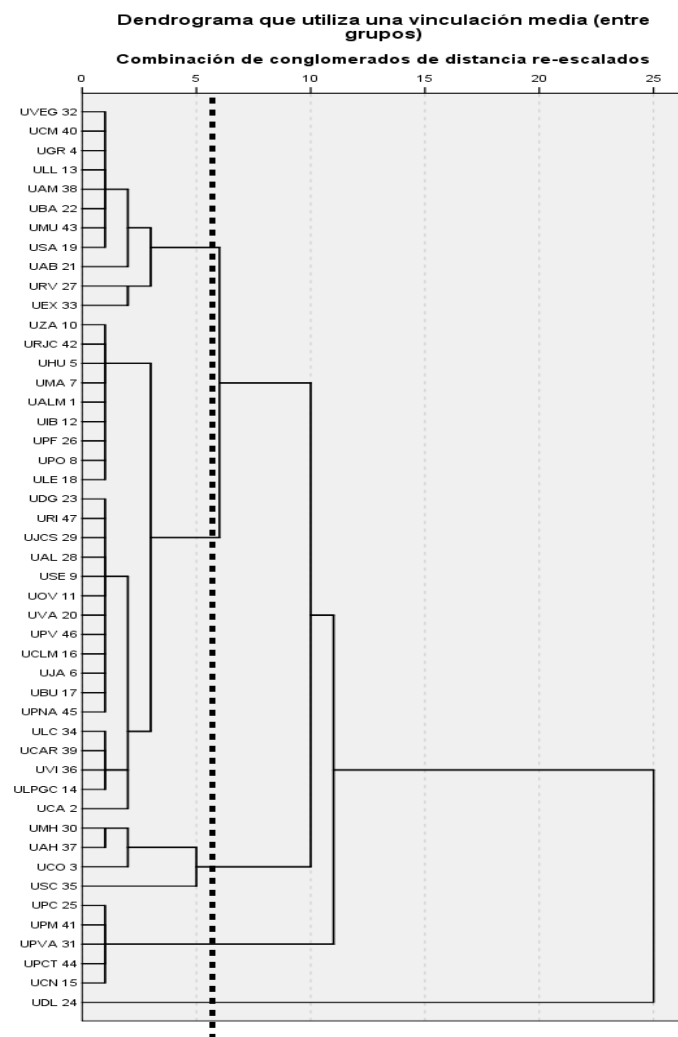


GRÁFICO 4. CURSO ACADÉMICO 2006/07

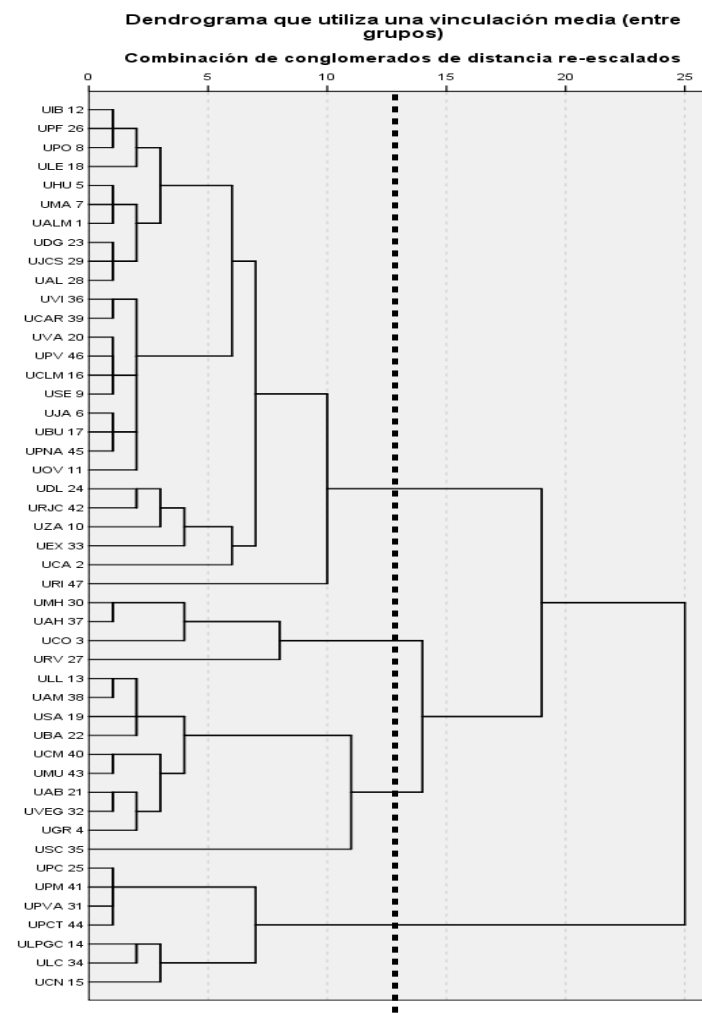
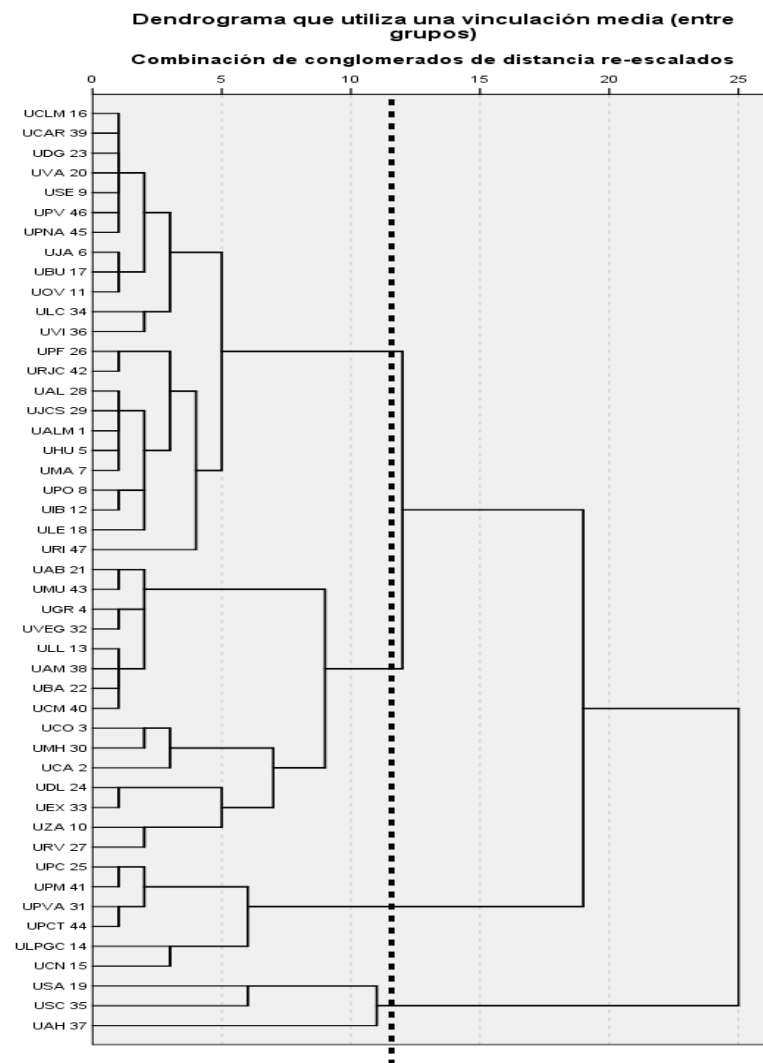


GRÁFICO 5. CURSO ACADÉMICO 2008/09



2C. DENDOGRAMAS, BAJO EL MÉTODO DE VINCULACIÓN PROMEDIO INTER-GRUPOS, CON LA VARIABLE TITULACIONES

GRÁFICO 1. CURSO ACADÉMICO 2000/01

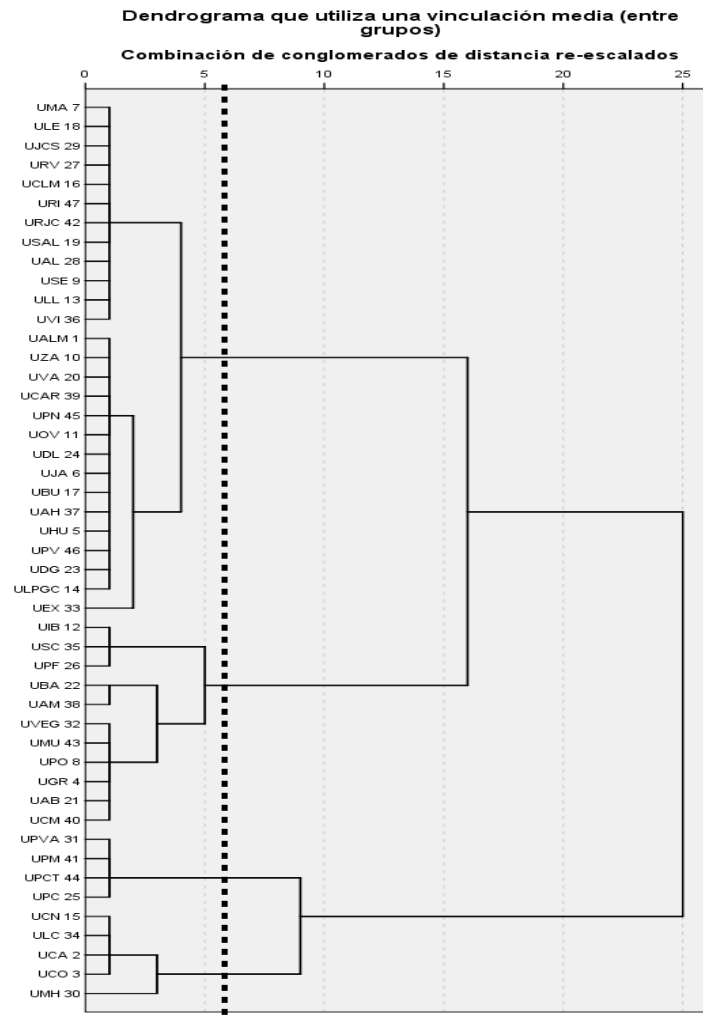


GRÁFICO 2. CURSO ACADÉMICO 2002/03

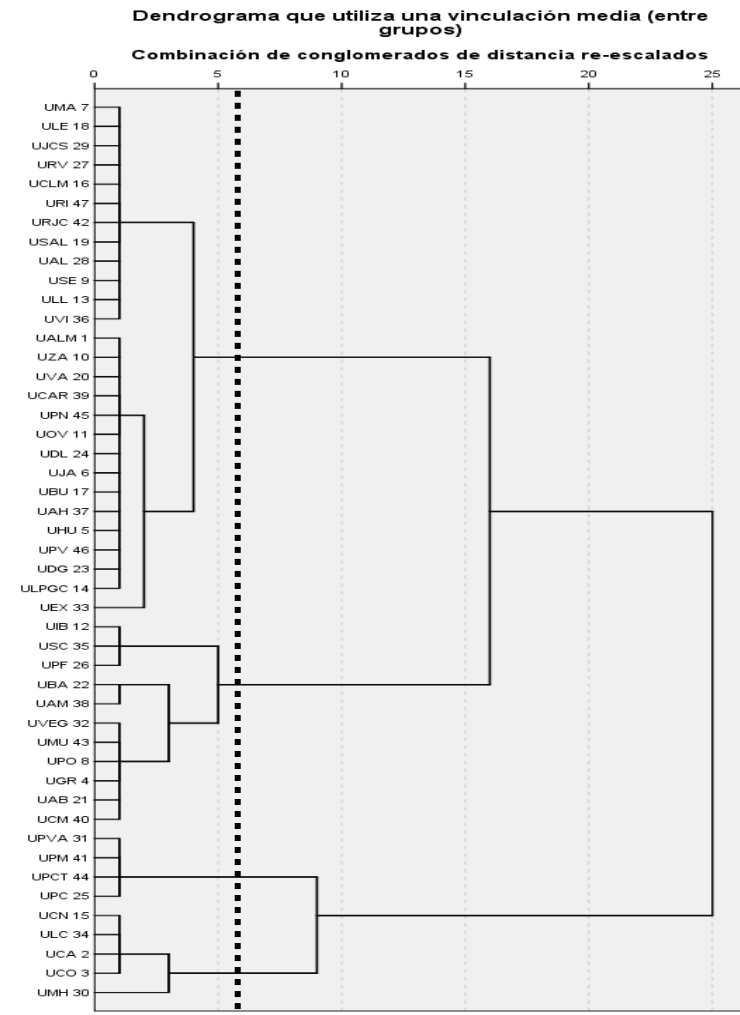


GRÁFICO 3. CURSO ACADÉMICO 2004/05

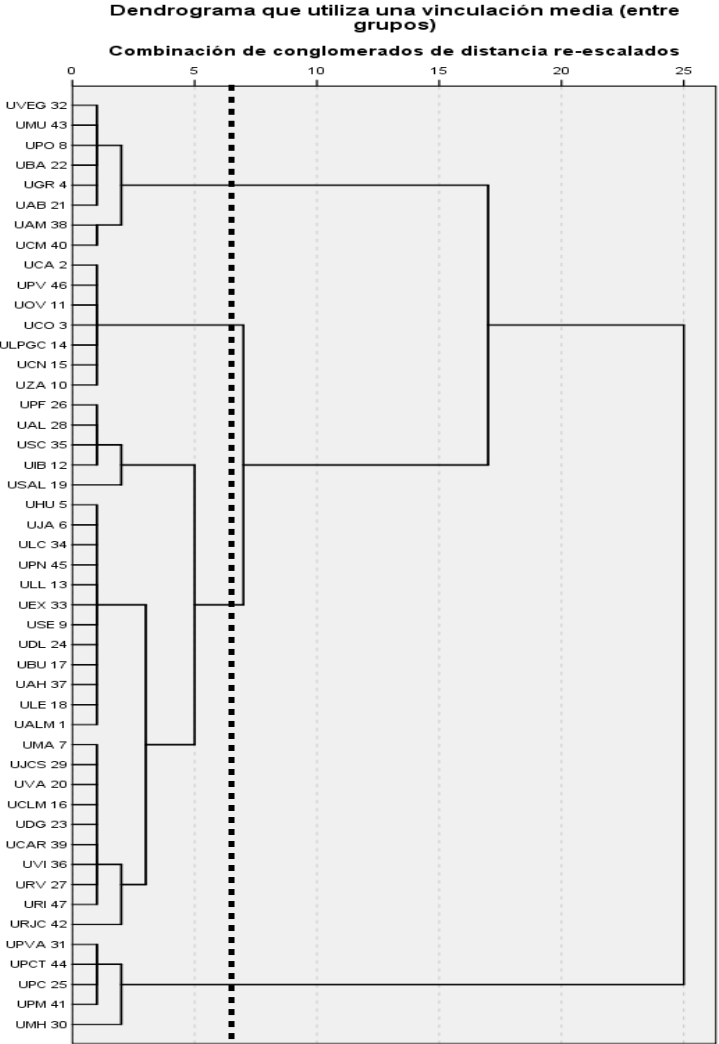


GRÁFICO 4. CURSO ACADÉMICO 2006/07

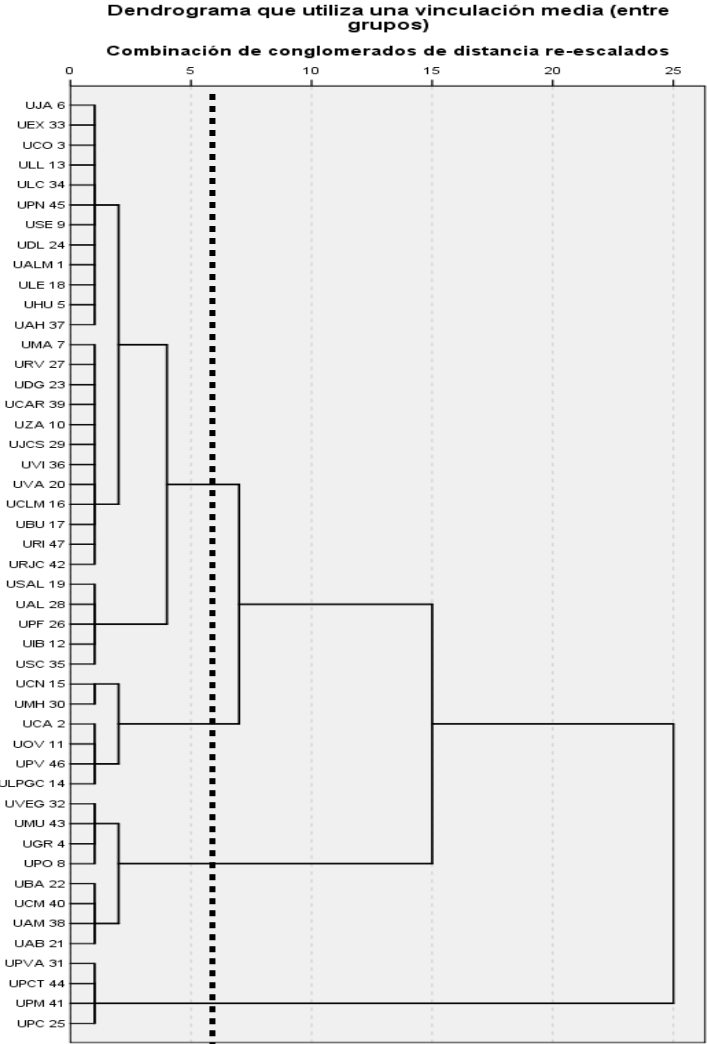
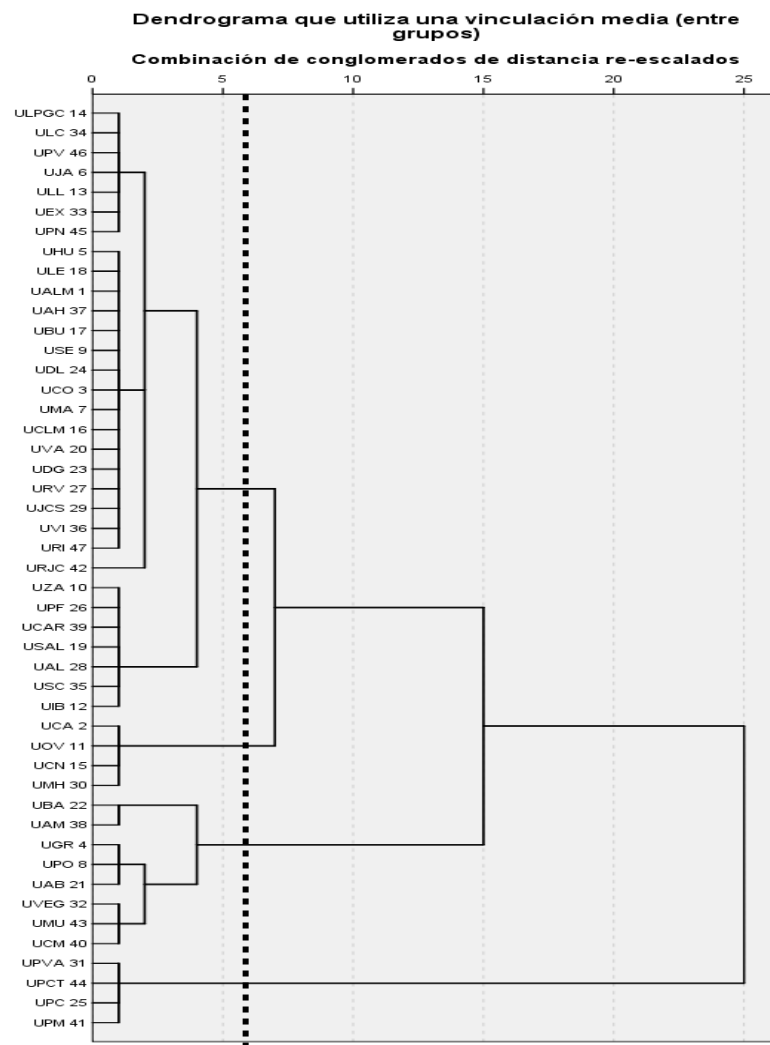


GRÁFICO 5. CURSO ACADÉMICO 2008/09



**2D. TABLA DE SIGLAS CORRESPONDIENTES A LAS UNIVERSIDADES
PÚBLICAS PRESENCIALES ESPAÑOLAS SEGÚN CRUE**

UAB	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BARCELONA
UAH	UNIVERSIDAD DE ALCALA DE HENARES
UAL	UNIVERSIDAD DE ALICANTE
UALM	UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
UAM	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID
UBA	UNIVERSIDAD DE BARCELONA
UBU	UNIVERSIDAD DE BURGOS
UCA	UNIVERSIDAD DE CADIZ
UCAR	UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
UCLM	UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
UCM	UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
UCN	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
UCO	UNIVERSIDAD DE CORDOBA
UDG	UNIVERSIDAD DE GIRONA
UDL	UNIVERSIDAD DE LLEIDA
UEX	UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA
UGR	UNIVERSIDAD DE GRANADA
UHU	UNIVERSIDAD DE HUELVA
UIB	UNIVERSIDAD DE LAS ISLAS BALEARES
UJA	UNIVERSIDAD DE JAEN
UJCS	UNIVERSIDAD JAUME I DE CASTELLON
ULC	UNIVERSIDAD LA CORUÑA
ULE	UNIVERSIDAD DE LEÓN
ULL	UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
ULPGC	UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
UMA	UNIVERSIDAD DE MALAGA
UMH	UNIVERSIDAD MIGUEL HDEZ. DE ELCHE
UMU	UNIVERSIDAD DE MURCIA
UOV	UNIVERSIDAD DE OVIEDO
UPC	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA
UPCT	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA
UPF	UNIVERSIDAD POMPEU FABRA
UPM	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
UPNA	UNIVERSIDAD PUBLICA DE NAVARRA
UPO	UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE
UPV	UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO
UPVA	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
URI	UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
URJC	UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS
URV	UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI
USA	UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
USC	UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
USE	UNIVERSIDAD DE SEVILLA
UVA	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
UEVG	UNIVERSIDAD VALENCIA ESTUDI GENERAL
UVI	UNIVERSIDAD DE VIGO
UZA	UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

APENDICES AL CAPÍTULO 3

3A. ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMO (Base 2006=100)

Año	General	Enseñanza
2000	82,588	77,690
2001	85,408	81,340
2002	88,024	84,580
2003	90,699	88,698
2004	93,456	92,262
2005	96,604	96,166
2006	100	100
2007	102,787	104,474
2008	106,976	108,635
2009	106,668	112,417
2010	108,588	115,226

Fuente: INE y cálculos propios

3B. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN

MODELO 1

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel Least Squares
Date: 04/19/11 Time: 12:37
Sample (adjusted): 2002 2008
Periods included: 4
Cross-sections included: 47
Total panel (unbalanced) observations: 180

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.000526	0.151343	-19.82603	0.0000
MIDRXPLN	0.056542	0.030596	1.848027	0.0669
GCBSXPLN	0.648660	0.058513	11.08576	0.0000
PASXPLN	0.063066	0.143750	0.438723	0.6616

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.944160	Mean dependent var	-1.224525
Adjusted R-squared	0.923113	S.D. dependent var	0.381722
S.E. of regression	0.105846	Akaike info criterion	-1.423533
Sum squared resid	1.456434	Schwarz criterion	-0.536601
Log likelihood	178.1180	Hannan-Quinn criter.	-1.063920
F-statistic	44.85892	Durbin-Watson stat	0.824053
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)
Date: 04/19/11 Time: 12:43
Sample (adjusted): 2002 2008
Periods included: 4
Cross-sections included: 47
Total panel (unbalanced) observations: 180
Swamy and Arora estimator of component variances

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.851754	0.142383	-20.02874	0.0000
MIDRXPLN	0.102450	0.028603	3.581802	0.0004
GCBSXPLN	0.560664	0.054197	10.34490	0.0000
PASXPLN	0.117630	0.126024	0.933392	0.3519

Effects Specification

	S.D.	Rho
Cross-section random	0.272291	0.8687
Idiosyncratic random	0.105846	0.1313

Weighted Statistics			
R-squared	0.693204	Mean dependent var	-0.238389
Adjusted R-squared	0.687974	S.D. dependent var	0.199346
S.E. of regression	0.110822	Sum squared resid	2.161562
F-statistic	132.5569	Durbin-Watson stat	0.817258
Prob(F-statistic)	0.000000		
Unweighted Statistics			
R-squared	0.259467	Mean dependent var	-1.224525
Sum squared resid	19.31485	Durbin-Watson stat	0.954899

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: Untitled

Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	18.122444	3	0.0004

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
MIDRXPLN	0.056542	0.102450	0.000118	0.0000
GCBSXPLN	0.648660	0.560664	0.000486	0.0001
PASXPLN	0.063066	0.117630	0.004782	0.4301

MODELO 2

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel Least Squares
Date: 04/19/11 Time: 12:51
Sample (adjusted): 2002 2008
Periods included: 4
Cross-sections included: 47
Total panel (unbalanced) observations: 180

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.049480	0.101929	-29.91780	0.0000
MIDRXPLN	0.055818	0.030457	1.832682	0.0691
GCBSXPLN	0.654549	0.056777	11.52841	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.944077	Mean dependent var	-1.224525
Adjusted R-squared	0.923587	S.D. dependent var	0.381722
S.E. of regression	0.105519	Akaike info criterion	-1.433165
Sum squared resid	1.458590	Schwarz criterion	-0.563971
Log likelihood	177.9849	Hannan-Quinn criter.	-1.080744
F-statistic	46.07349	Durbin-Watson stat	0.822270
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)
Date: 04/19/11 Time: 12:53
Sample (adjusted): 2002 2008
Periods included: 4
Cross-sections included: 47
Total panel (unbalanced) observations: 180
Swamy and Arora estimator of component variances

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.939764	0.104870	-28.03252	0.0000
MIDRXPLN	0.102825	0.028488	3.609391	0.0004
GCBSXPLN	0.569008	0.053038	10.72833	0.0000

Effects Specification

	S.D.	Rho
Cross-section random	0.269402	0.8670
Idiosyncratic random	0.105519	0.1330

Weighted Statistics

R-squared	0.690880	Mean dependent var	-0.240131
Adjusted R-squared	0.687387	S.D. dependent var	0.199514
S.E. of regression	0.111014	Sum squared resid	2.181358
F-statistic	197.7969	Durbin-Watson stat	0.829315
Prob(F-statistic)	0.000000		

Unweighted Statistics

R-squared	0.253017	Mean dependent var	-1.224525
Sum squared resid	19.48308	Durbin-Watson stat	0.962244

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: Untitled

Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	19.128390	2	0.0001

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
MIDRXPLN	0.055818	0.102825	0.000116	0.0000
GCBSXPLN	0.654549	0.569008	0.000411	0.0000

MODELO 3

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel Least Squares
Date: 04/19/11 Time: 12:58
Sample (adjusted): 2002 2008
Periods included: 4
Cross-sections included: 47
Total panel (unbalanced) observations: 166

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.033862	0.179157	-16.93411	0.0000
MIDRXPLN(-2)	0.054346	0.028407	1.913108	0.0582
GCBSXPLN	0.659833	0.065418	10.08633	0.0000
PASXPLN	0.023055	0.151959	0.151716	0.8797

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.947294	Mean dependent var	-1.219422
Adjusted R-squared	0.925030	S.D. dependent var	0.390749
S.E. of regression	0.106990	Akaike info criterion	-1.388156
Sum squared resid	1.327829	Schwarz criterion	-0.450810
Log likelihood	165.2169	Hannan-Quinn criter.	-1.007681
F-statistic	42.54845	Durbin-Watson stat	0.800520
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)
Date: 04/19/11 Time: 13:01
Sample (adjusted): 2002 2008
Periods included: 4
Cross-sections included: 47
Total panel (unbalanced) observations: 166
Swamy and Arora estimator of component variances

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.818043	0.163088	-17.27923	0.0000
MIDRXPLN(-2)	0.094305	0.026527	3.555079	0.0005
GCBSXPLN	0.568802	0.060028	9.475557	0.0000
PASXPLN	0.122421	0.131185	0.933191	0.3521

Effects Specification

	S.D.	Rho
Cross-section random	0.280302	0.8728
Idiosyncratic random	0.106990	0.1272

Weighted Statistics			
R-squared	0.683551	Mean dependent var	-0.239460
Adjusted R-squared	0.677691	S.D. dependent var	0.199848
S.E. of regression	0.111779	Sum squared resid	2.024128
F-statistic	116.6436	Durbin-Watson stat	0.770298
Prob(F-statistic)	0.000000		

Unweighted Statistics			
R-squared	0.270749	Mean dependent var	-1.219422
Sum squared resid	18.37200	Durbin-Watson stat	0.931789

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: Untitled

Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	16.277694	3	0.0010

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
MIDRXPLN(-2)	0.054346	0.094305	0.000103	0.0001
GCBSXPLN	0.659833	0.568802	0.000676	0.0005
PASXPLN	0.023055	0.122421	0.005882	0.1951

MODELO 4

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel Least Squares
Date: 04/19/11 Time: 13:04
Sample (adjusted): 2002 2008
Periods included: 4
Cross-sections included: 47
Total panel (unbalanced) observations: 166

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.053514	0.123251	-24.77476	0.0000
MIDRXPLN(-2)	0.053554	0.027807	1.925942	0.0565
GCBXSPLN	0.662996	0.061748	10.73718	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.947283	Mean dependent var	-1.219422
Adjusted R-squared	0.925656	S.D. dependent var	0.390749
S.E. of regression	0.106542	Akaike info criterion	-1.400006
Sum squared resid	1.328092	Schwarz criterion	-0.481407
Log likelihood	165.2005	Hannan-Quinn criter.	-1.027140
F-statistic	43.80013	Durbin-Watson stat	0.801963
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)
Date: 04/19/11 Time: 13:06
Sample (adjusted): 2002 2008
Periods included: 4
Cross-sections included: 47
Total panel (unbalanced) observations: 166
Swamy and Arora estimator of component variances

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.916119	0.122939	-23.71999	0.0000
MIDRXPLN(-2)	0.091833	0.026227	3.501433	0.0006
GCBXSPLN	0.582255	0.057786	10.07612	0.0000

Effects Specification

	S.D.	Rho
Cross-section random	0.277574	0.8716
Idiosyncratic random	0.106542	0.1284

Weighted Statistics

R-squared	0.681275	Mean dependent var	-0.240746
Adjusted R-squared	0.677364	S.D. dependent var	0.200004
S.E. of regression	0.111911	Sum squared resid	2.041431
F-statistic	174.2061	Durbin-Watson stat	0.787085
Prob(F-statistic)	0.000000		

Unweighted Statistics

R-squared	0.261000	Mean dependent var	-1.219422
Sum squared resid	18.61759	Durbin-Watson stat	0.935350

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: Untitled

Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	17.368728	2	0.0002

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
MIDRXPLN(-2)	0.053554	0.091833	0.000085	0.0000
GCBSXPLN	0.662996	0.582255	0.000474	0.0002

MODELO 5

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel Least Squares
Date: 04/19/11 Time: 13:15
Sample (adjusted): 2004 2008
Periods included: 3
Cross-sections included: 46
Total panel (unbalanced) observations: 123

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.968123	0.218809	-13.56493	0.0000
MIDRXPLN(-4)	0.059292	0.027793	2.133388	0.0362
GCBSEXPLN	0.654951	0.071129	9.207968	0.0000
PASXPLN	0.097178	0.175674	0.553171	0.5818

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.965180	Mean dependent var	-1.149680
Adjusted R-squared	0.942593	S.D. dependent var	0.373067
S.E. of regression	0.089386	Akaike info criterion	-1.703084
Sum squared resid	0.591245	Schwarz criterion	-0.582783
Log likelihood	153.7397	Hannan-Quinn criter.	-1.248020
F-statistic	42.73313	Durbin-Watson stat	0.912165
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)
Date: 04/19/11 Time: 13:21
Sample (adjusted): 2004 2008
Periods included: 3
Cross-sections included: 46
Total panel (unbalanced) observations: 123
Swamy and Arora estimator of component variances

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.674289	0.195767	-13.66060	0.0000
MIDRXPLN(-4)	0.100534	0.026146	3.845124	0.0002
GCBSEXPLN	0.544277	0.065016	8.371442	0.0000
PASXPLN	0.216371	0.146536	1.476574	0.1424

Effects Specification

	S.D.	Rho
Cross-section random	0.267896	0.8998
Idiosyncratic random	0.089386	0.1002

Weighted Statistics

R-squared	0.656327	Mean dependent var	-0.227095
Adjusted R-squared	0.647663	S.D. dependent var	0.162644
S.E. of regression	0.095126	Sum squared resid	1.076837
F-statistic	75.75324	Durbin-Watson stat	0.782642
Prob(F-statistic)	0.000000		

Unweighted Statistics

R-squared	0.266337	Mean dependent var	-1.149680
Sum squared resid	12.45748	Durbin-Watson stat	0.931554

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: Untitled

Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	19.286999	3	0.0002

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
MIDRXPLN(-4)	0.059292	0.100534	0.000089	0.0000
GCBSXPLN	0.654951	0.544277	0.000832	0.0001
PASXPLN	0.097178	0.216371	0.009388	0.2186

MODELO 6

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel Least Squares
Date: 04/19/11 Time: 13:28
Sample (adjusted): 2004 2008
Periods included: 3
Cross-sections included: 46
Total panel (unbalanced) observations: 123

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.055491	0.150731	-20.27117	0.0000
MIDRXPLN(-4)	0.058414	0.027618	2.115042	0.0377
GCBSXPLN	0.667895	0.066858	9.989739	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.965036	Mean dependent var	-1.149680
Adjusted R-squared	0.943125	S.D. dependent var	0.373067
S.E. of regression	0.088971	Akaike info criterion	-1.715217
Sum squared resid	0.593690	Schwarz criterion	-0.617780
Log likelihood	153.4859	Hannan-Quinn criter.	-1.269441
F-statistic	44.04339	Durbin-Watson stat	0.912710
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: PCAUXPLN
Method: Panel EGLS (Cross-section random effects)
Date: 04/19/11 Time: 13:32
Sample (adjusted): 2004 2008
Periods included: 3
Cross-sections included: 46
Total panel (unbalanced) observations: 123
Swamy and Arora estimator of component variances

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.867868	0.146343	-19.59685	0.0000
MIDRXPLN(-4)	0.099259	0.026042	3.811551	0.0002
GCBSXPLN	0.572507	0.062170	9.208782	0.0000

Effects Specification

	S.D.	Rho
Cross-section random	0.268777	0.9012
Idiosyncratic random	0.088971	0.0988

Weighted Statistics

R-squared	0.652128	Mean dependent var	-0.225375
Adjusted R-squared	0.646331	S.D. dependent var	0.162400
S.E. of regression	0.095176	Sum squared resid	1.087017
F-statistic	112.4775	Durbin-Watson stat	0.801420
Prob(F-statistic)	0.000000		

Unweighted Statistics

R-squared	0.244518	Mean dependent var	-1.149680
Sum squared resid	12.82796	Durbin-Watson stat	0.930044

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: Untitled

Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	19.745259	2	0.0001

Cross-section random effects test comparisons:

Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
MIDRXPLN(-4)	0.058414	0.099259	0.000085	0.0000
GCBSXPLN	0.667895	0.572507	0.000605	0.0001

APÉNDICES AL CAPÍTULO 4

4A. Estudios que utilizan la metodología DEA en la evaluación de eficiencia en Universidades

Cuadro 1. Trabajos a nivel nacional

AUTOR /ES	OBJETIVO	OBJETO DE ESTUDIO	INPUTS	OUTPUTS	HOMOGENEIDAD	MODELOS
Gómez Sancho (2005)	Evaluar la eficiencia productiva de las universidades públicas españolas. Se centra en el proceso que es necesario para la evaluación	47 universidades públicas en el año 2000	-Número de profesores equivalentes a tiempo completo. -Gastos corrientes en bienes y servicios	- Número de alumnos graduados -Publicaciones ponderadas por el factor de impacto de la investigación en revistas ISI en el año 2000 (corregida la propensión a citar y el periodo de tiempo en que se materializa el impacto).	Análisis cluster empleando medidas de correlación de Criterio de Segmentación: área o rama de conocimiento Agrupación de universidades por su oferta de titulaciones. Resultados: tres grupos de Universidades: técnicas, no técnicas y generalistas.	1.DEA-Multiactividad 2.DEA-Convencional con rendimientos variables a escala (BCC-O)
Parellada y Duch (2006)	Analizar la gestión de las CC.AA. de su sistema universitario y si el proceso de descentralización que se ha desarrollado en este ámbito competencial ha tenido algún efecto	47 universidades públicas presenciales, 2006	Actividad docente y de investigación: -Personal Docente e Investigador (PDI) equivalente a tiempo completo. -Personal de Administración y Servicios (PAS) equivalente a tiempo completo. - Los recursos presupuestarios no financieros que incluyen: a) recursos propios (tasas y precios públicos, ingresos patrimoniales y enajenación de inversiones reales); b)recursos	Docencia: -Número de alumnos matriculados en centros propios en primer y segundo ciclo. -Número de matriculados en doctorado. Investigación:	Universidades públicas Índices promedio por Comunidad Autónoma	DEA Convencional: CCR BCC Eficiencia de escala

	sobre los resultados del modelo universitario. Se calcula la eficiencia de las Universidades Públicas y la de los sistemas universitarios de cada una de las CC.AA.		ajenos (transferencias corrientes y de capital); y los ingresos en I+D.	-Tesis producidas -Publicaciones incluidas en el Sciencie Citation Index entre 1996 y 2001 -Patentes solicitadas en las oficinas española, europea y americana entre 1999 y 2002. - Número de sexenios por profesor.		
Duch (2006)	Medir la eficiencia(técnica y asignativa) de las Universidades Públicas Españolas con un doble propósito: -ofrecer algunos resultados preliminares sobre el nivel de eficiencia que presentan las UU.PP. españolas. -Estimular un mayor esfuerzo investigador orientado al estudio de la eficiencia universitaria.	47 universidades públicas españolas en el año 2006, sin distinguir por rama de conocimiento	Elabora tres modelos: Docencia e investigación: 1. Modelo base(eficiencia técnica) -Personal Docente e Investigador (PDI) equivalente a tiempo completo - Personal de Administración y Servicios (PAS) equivalente a tiempo completo. 2. Modelo con capital (eficiencia técnica) Incluye los mismos insumos y agrega el Capital (como el número de puestos disponibles en aulas, bibliotecas, laboratorios y aulas de informática). 3. Modelo base (eficiencia asignativa) - Precios asociados al Personal Docente e Investigador (PDI) equivalente a tiempo completo (gastos de personal de funcionarios y contratados, CRUE/número de personas PDI). -Precios asociados al Personal de Administración y Servicios (PAS), CRUE/número de personas, PAS)	Docencia: -Número de alumnos matriculados en centros propios en primer y segundo ciclo. -Número de matriculados en doctorado. Investigación: -Tesis producidas -Publicaciones incluidas en el Sciencie Citation Index entre 1996 y 2001 -Número de patentes solicitadas en las oficinas española, europea y americana entre 1999 y 2002 En los tres modelos utiliza los mismos outputs.	Universidades públicas	DEA Convencional: CCR BCC Eficiencia de escala

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 1. (cont.). Trabajos a nivel nacional

AUTOR /ES	OBJETIVO	OBJETO DE ESTUDIO	INPUTS	OUTPUTS	HOMOGENEIDAD	MODELOS
Hernangómez <i>et al.</i> (2007)	El análisis comparativo de la eficiencia de las Universidades públicas de Castilla y León, entre sí y frente al resto de Universidades públicas españolas, todo ello ante los retos que presenta el Espacio Europeo de Educación Superior	48 universidades públicas, 2004	Modelo II: -Gastos presupuestarios -Gastos corrientes en bienes y servicios -Número de doctores -Gastos de Personal	Modelo II: -Artículos publicados y recogidos por el ISI -Sexenios por profesor	General Por grupos estratégicos: 1) recursos y capacidades 2) la diferenciación en su vertiente de calidad 3) el desarrollo de productos 4) el desarrollo de mercados 5) todas las variables estratégicas en conjunto	DEA Convencional: CCR BCC Eficiencia de escala
		15(I), 16(II), 47(III) y 48(IV) universidades públicas, 2004	Grupo 1: -Inversa de la antigüedad - Porcentaje alumnos por profesor - Número de departamentos	Grupo 1: -Alumnos graduados -Gastos de investigación total		
		21(I), 12(II), 48(III) universidades públicas, 2004	Grupo 2: -Gastos de personal/PETC -Gastos de inversión real/PETC	Grupo 2: -%de alumnos que terminan respecto a los matriculados -%de profesores con sexenios -Número de artículos publicados según ISI, por cada profesor doctor		
		20(I), 23(II), 48(III) universidades públicas españolas	Grupo 3: -Gastos de personal(2004)/PETC -Gastos de Inversión Real (2004)/PETC	Grupo 3: -porcentaje de dobles titulaciones/nº de titulaciones -nº de titulaciones de segundo ciclo/nº de titulaciones - nºde programas de doctorado/nº de departamentos		

		16(I), 27(II), 48(III)	Grupo 4: - Gastos de personal(2004)/PETC -Gastos de Inversión Real (2004)/PETC	Grupo 4: -n° de alumnos extranjeros entrantes/n° de alumnos matriculados - n° de alumnos Erasmus salientes/n° de alumnos matriculados -n° de provincias distintas donde hay campus /n° de provincias donde hay campus en España		
Agasisti y Pérez Esparrells (2010)	Proveer un análisis de eficiencia, para las universidades públicas españolas e italianas, con una perspectiva de comparación entre países, para identificar las principales similitudes y diferencias en términos de eficiencia técnica.	46 universidades públicas para España en 2004/05 y 2000/2001 57 universidades públicas para Italia en 2004/2005 y 2000/2001	- Número de estudiantes de 1° y 2° ciclo - Número de estudiantes de 3° ciclo - Número de Profesores ETC - Presupuesto total universitario.	- Número de graduados - Monto de recursos externos (fondos I+D)	DEA por separado DEA en conjunto Índices Malmquist Efectos regionales: DEA de UU.PP. Italianas 2004/2005, por regiones (norte, centro y sur) DEA de UU.PP. españolas 2004/2005, por comunidades (vía rápida y vía lenta) Cambio en la eficiencia (BCC) de las UU.PP. Italianas y Españolas por separado, para el 2000/2001 a 2004/2005, y por regiones	DEA-Convencional para cada país y en conjunto: CCR BCC Eficiencia de escala Índice de Malmquist (2000/01-2004/05)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 1.(cont.). Trabajos a nivel nacional

AUTOR /ES	OBJETIVO	OBJETO DE ESTUDIO	INPUTS	OUTPUTS	HOMOGENEIDAD	MODELOS
García-Aracil, et al (2010)	Analizar la variación de la productividad de las Universidades Públicas Españolas, desde 1995 a 2006.	42 Universidades Públicas Españolas, para el período de estudio de los años académicos desde 1995/1996 a 2005/2006.	<ul style="list-style-type: none"> - Gasto total - Número de personal académico (PDI) - Número de personal no académico (PAS) 	<ul style="list-style-type: none"> - Graduados - Publicaciones - Investigación aplicada 	<ul style="list-style-type: none"> -Modelo General (outputs-todos) Modelo de sólo enseñanza (outputs-graduados) Modelo de sólo investigación (outputs-publicaciones) Modelo de sólo transferencia del conocimiento (outputs-investigación aplicada) 	<ul style="list-style-type: none"> (Rendimientos constantes a escala) (Rendimientos variables a escala) Asume una orientación output Índice de Malmquist No paramétrico
Duch-Brown y Vilalta (2010)	Investigar en que grado la gobernanza puede explicar la ineficiencia de las Instituciones de Educación Superior con datos de las Universidades públicas españolas.	46 universidades públicas españolas, para el año académico 2004-2005	<ul style="list-style-type: none"> -Inversa de la ratio de facultad y estudiante (número de facultad equivalente de tiempo completo (FTE) en una universidad con respecto al número de estudiantes FTE. -Recursos administrativos aproximado por la inversa de la ratio del personal respecto a la facultad - Es el gasto non-labour por estudiante 	<p>Docencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> -El ratio de rendimiento académico (cociente de graduados sobre drop-outs), - es ratio de rendimiento académico total por institución ponderando las variables por el length de cada grado) - La tasa de éxito <p>Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Euros por estudiante de las actividades R&D -El número de publicaciones indexadas JCR por miembro de la facultad 	En el DEA emplea a las 46 Universidades en conjunto	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis DEA: CCR BCC Asume una orientación output -Análisis DEA modificado para permitir observar la eficiencia robusta o supereficiencia -Análisis de regresión de segunda etapa (modelo tobit) -Análisis de regresión del modelo de valores ajustados en tercera etapa

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Trabajos a nivel internacional

AUTOR /ES	OBJETIVO	INPUTS	OUTPUTS	HOMOGENEIDAD
Ahn, Charnes y Cooper (1988)	Examinaron la eficiencia relativa de Universidades estadounidenses mediante el DEA y compararon los hallazgos a las observaciones hechas usando medidas de informes directivos y enfoques econométricos.	-Salarios -Transferencias del gobierno para la investigación -Gastos administrativos -Inversión total en equipamiento	-Matriculación en programas de grado -Matrícula en programas de postgrado -Horas dedicadas a docencia por semestre -Financiación privada de la investigación	Universidades públicas y privadas. Agruparon las universidades entre aquellas que tenían o no facultades de medicina
Ahn, Charnes y Cooper (1989)	Comparó la eficiencia de Universidades públicas en Texas	-Salarios de facultad -Fondos de investigación del Estado -Gastos generales administrativos -Inversión total en plantas físicas	-Número de matriculados de grado -Número de matriculados graduados -Horas crédito totales por semestre -Fondos de investigación federales y privados	
Ahn y Seiford (1993)	Examinó la subvención a doctorados (doctoral-granting) en instituciones US públicas y privadas para probar la sensibilidad de los hallazgos en 4 DEA y 4 modelos de desempeño.	-salarios de facultad -Inversión física -Gastos	- Estudiantes de grado equivalentes a tiempo completo -Graduados -Grados y subvenciones (becas) comprenden la mezcla de outputs.	Abren la discusión sobre cómo medir la eficiencia de las universidades, al mismo tiempo comprueban la robustez de los resultados al emplear distintas especificaciones de los modelos y variando las variables empleadas.
Coelli (1998)	Medir el rendimiento de la University of New England relativa a otras 35 universidades australianas.	Modelo 1: -número de personal total -Gastos de no personal -Otros gastos -Otros gastos administrativos	Modelo 1: -Número de estudiantes -Índice de publicaciones (ponderado por tipo) Modelo 2:	1) universidad como un todo; 2) secciones académicas y; 3) secciones administrativas Probo tres modelos de

		-personal administrativo Modelo 2: -Gastos de no personal -Otros gastos -Otros gastos administrativos -personal administrativo Modelo 3: -Gastos de no personal -Otros gastos -Otros gastos administrativos -personal administrativo	- Número de estudiantes -Índice de publicaciones (ponderado por tipo) Modelo 3: -Número de estudiantes -Número de personal total	desempeño: la 1) universidad como un todo; 2) secciones académicas y; 3) secciones administrativas
Breu y Raab (1994)	Miden la eficiencia relativa de las 25 top universidades US (rankeadas por US News and World Report). Incluye universidades públicas y privadas	-SAT/ACT promedio -Porcentajes de doctores en facultades -Ratio estudiante/facultad -Gasto educacional y general por estudiante	-Tasa de graduación -Tasa de retención de estudiantes en el primer año	Sus hallazgos indican que las universidades con alto prestigio y reputación no necesariamente producen una alta satisfacción en los estudiantes.
Athanassopoulos y Shale (1997)	Examina la eficiencia comparativa de 45 universidades en el Reino Unido, con datos de 1992-1993	-Número de estudiantes ETC -Número de estudiantes de posgrados ETC -Número de Personal Académico ETC -Puntuación media del nivel de entrada de los estudiantes en los últimos 3 años -Ingresos de investigación -Gastos en los servicios de biblioteca e informática	-Número de alumnos que abandonan con éxito el grado (Número de egresados) -Número de títulos superiores adjudicados para posgrado (Número de titulados) -Valoración ponderada de investigación (índice ponderado de los datos de la RAE)	El criterio de segmentación empleado fue en 3 grupos: i) orientación ciencia ii) orientación equilibrada iii) orientación no ciencia Se consideraron 45 universidades de un total de 52, dejando fuera las universidades antiguas y aquellas que no poseían la gama completa de estudios o

				tienen diferentes estructuras, por ejemplo, las universidades escocesas
Ng y Li (2000)	<p>Analizan el rendimiento de las instituciones de educación superior después de mediados de los 80s debido a la implementación de la reforma educativa en China. Hacen especial énfasis sobre la eficiencia en el rendimiento de la investigación de las instituciones de educación superior.</p> <p>84 IES chinas, para los años 1993 a 1995. Exploran los diferenciales de la eficiencia en la educación superior debido a las diferencias regionales en el desarrollo económico.</p>	<p>1. Número de investigadores</p> <p>2. Número de personal de apoyo en investigación</p> <p>3. fondos de presupuestos (dentro de los presupuestos y fuera de los presupuestos)</p>	<p>1. Número de manuscritos</p> <p>2. Número de artículos</p> <p>3. Número de resultados de investigación reconocidos (patentes)</p> <p>4. Número de contratos</p> <p>5. Número de premios</p>	<p>-Región occidental</p> <p>-Región oriental</p> <p>-Región central</p>
Avrikan (2001)	<p>Investiga la eficiencia técnica y de escala de 36 Universidades públicas australianas, para el año 1995</p>	<p>-Personal académico (equivalente a tiempo completo)</p> <p>-Personal no académico (equivalente a tiempo completo)</p>	<p>Modelo 1. Desempeño global</p> <p>_Estudiantes de grado matriculados (unidad de estudiantes equivalente a tiempo completo)</p> <p>-Estudiantes de postgrado matriculados (unidad de estudiantes equivalente a tiempo completo)</p> <p>- Research Quantum</p> <p>Modelo 2. Desempeño sobre entrega de los servicios educacionales</p>	<p>Elabora tres modelos con los mismos inputs</p>

			<ul style="list-style-type: none"> -Tasa de retención de estudiantes -Tasa de progreso o éxito de estudiantes -Tasa de empleo de graduados de tiempo completo (la proporción de graduados de tiempo completo empleados como un porcentaje de graduados disponibles para el trabajo de tiempo completo) <p>Modelo 3. Desempeño sobre los matriculados que pagan matrícula</p> <ul style="list-style-type: none"> -Matriculados que pagan cuotas en el extranjero -Matriculados de postgrado que pagan cuotas no en el extranjero 	
Abbott y Doucouliagos (2003)	Medir la eficiencia técnica en el sistema universitario australiano, para el año 1995. 36 universidades públicas	<ul style="list-style-type: none"> -Número total de personal académico (equivalente a tiempo completo) -Número de personal no académico (equivalente a tiempo completo) -Gasto en todos los otros inputs que son inputs de trabajo (incluye gastos sobre energía, servicios académicos y de administración non-salary, edificios y terrenos, librerías y servicios a estudiantes). En resumen, son los gastos corrientes salvo retribuciones de personal. -es el valor de pasivos de bienes no corrientes. 	<p>Docencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Número de estudiantes equivalente a tiempo completo (EFTS) (según este autor es probablemente la mejor medida, a diferencia del resto). -Número de programas ofertados de doctorado y posgrado -Número de diplomas otorgados a nivel de grado y posgrado (expedidos el último curso) <p>Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Research Quantum Allocation - subvenciones en investigaciones -gastos en investigaciones 	<ul style="list-style-type: none"> -DEA en conjunto (orientación input), con rendimientos variables y a escala <p>Teaching output (EFTS)</p> <p>Research output (Research Quantum)</p> <p>4 inputs</p> <p>-Segunda etapa del análisis, DEA por separado, donde las universidades fueron separadas en distintas categorías: Una aglomeración lógica es el uso del ratio de Research Quantum dividido por el EFTS. Usando esta ratio resultaron dos grupos:</p>

				<p>a) lowest ranking universities</p> <p>b) highest ranking universities</p> <p>Otra clasificación: universidades regionales y urbanas</p> <p>Se uso un algoritmo de análisis cluster para identificar algunos clusters estadísticos (2 o 3 clusters fueron derivados)</p> <p>Mediante la distinción CAE-university.. Esto produjo dos categorías y se calculo el DEA por separado para cada uno de ellas.</p>
Afonso y Santos (2008)	<p>Evalúan la eficiencia de un conjunto de universidades públicas portuguesas en 2003.</p> <p>52 universidades/facultades/institutos públicos y también un subconjunto de facultades/institutos</p>	<p>1. Gasto total promedio por estudiante para los años 2000-01-02 y 2003 (euros)</p> <p>2. Número de profesores por 100 estudiantes</p> <p>3. Número de profesores ETC por 100 estudiantes</p> <p>Sugieren medidas adicionales como el desglose del gasto total entre el personal académico y no académico relacionado. Sin embargo, ellos no tienen esos datos disponibles de forma homogénea</p>	<p>1. Tasa de éxito en el año 2002/03 de los estudiantes de pregrado matriculados para el primer tiempo, sobre la base de la facultad o instituto</p> <p>2. Número acumulativo de certificados de doctorado otorgados en los años 2002-2003 por 100 profesores en cada DMU</p>	<p>Emplea una mezcla de sujetos de estudios.</p> <p>La selección de los DMU se basa en el hecho de que la mayoría de las universidades públicas en Portugal agregan varias facultades o institutos, en función de su estructura organizativa.</p>

Fuente: Elaboración propia.

4B. Estudios que utilizan la metodología DEA en la evaluación de la eficiencia en Departamentos

Cuadro 1. Revisión de literatura a nivel nacional

AUTOR/ES	OBJETIVO	INPUTS	OUTPUTS	MODELOS
Pina y Torres (1995)	Evaluación de la eficiencia de docencia e investigación de 22 departamentos de contabilidad de las universidades españolas, en el curso 1991-1992.	Profesores a tiempo completo, profesores a tiempo parcial, número de ordenadores, gasto en la adquisición de libros y revistas por profesor.	Artículos en revistas, libros, ponencias y comunicaciones a congresos, número de alumnos.	CCR Establece 8 modelos según combinaciones de inputs y outputs
García Valderrama (1996)	Evaluar la actividad investigadora de 23 departamentos de la Universidad de Cádiz (divide la muestra en 2 subgrupos: experimentales y no experimentales)	Tamaño del departamento, ayudas a la investigación recibidas (becas para doctorandos, de movilidad, asistencia a congresos...), dotación económica procedente de los proyectos, gasto en biblioteca, valoración de sus infraestructuras, carga docente. 7 variables inputs	Distintos tipos de publicaciones y comunicaciones (nacionales e internacionales), tesis doctorales, ingresos procedentes de la investigación (proyectos o contratos de investigación) 11 variables outputs	10 modelos diferentes resultado de las combinaciones de variables
García Valderrama y Gómez Aguilar (1999)	21 grupos de investigación de la facultad de ciencias de la Universidad de Cádiz, periodo 1991-1995.	Doctores, no doctores, catedráticos, titulares de universidad, resto personal del grupo, financiación interna, proyectos de investigación.	Número de publicaciones SCI (ponderadas o no), tesis (ponderadas o no), resto publicaciones (ponderadas o no), proyectos.	CCR y BCC
Martínez Cabrera (2000, 2000 y 2003)	23 departamentos de análisis económico en el curso 1994-1995.	Profesores numerarios, profesores no numerarios	Artículos y capítulos en libros internacionales, artículos y capítulos en libros nacionales, libros, número de tesis doctorales.	CCR restricciones en las ponderaciones.

Giménez García (2000 y 2004)	42 departamentos de la Universitat Autònoma de Barcelona en el año 1998.	Gastos profesorado funcionario, gasto profesorado no funcionario, gastos funcionamiento.	Artículos publicados en revistas internacionales y nacionales entre 1995-98, libros y capítulos de libros en el mismo periodo, carga docente a través de profesores equivalentes a tiempo completo, calidad docente (encuesta a alumnos) y calidad investigación. (Tramos de investigación conseguidos dividido por tramos docentes conseguidos).	DEA y FDH
Trillo del Pozo (2002)	34 departamentos de la Universitat Politècnica de Catalunya en el periodo 1995-1999.	Personal docente e investigador, personal docente.	Publicaciones en revistas notables ponderadas por factor de impacto o por calidad, ingresos de investigación obtenidos a través de proyectos europeos, nacionales y regionales, indicador de calidad de la docencia (encuestas a alumnos).	CCR
Martín Vallespín (2008)	52 departamentos de la Universidad de Zaragoza, en el año 2001	Personal Docente e Investigador doctor Personal Docente e Investigador no doctor Total PDI Asignación presupuestaria Amortización inmovilizado	Matrículas 1º y 2º ciclo Matrícula 3er ciclo Tesis defendidas último año Ingresos procedentes investigación Créditos compromiso investigador Evaluación departamento BPC (Baremo de Producción Científica)	Propone 12 modelos con diferentes combinaciones de inputs y outputs

Fuentes: Martínez Cabrera (2000), Trillo del Pozo (2002), y Gómez Sancho (2005) y elaboración propia.

Cuadro 2. Revisión de literatura a nivel internacional

AUTOR/ES	OBJETIVO	INPUTS	OUTPUTS	MODELOS
Tomkins y Green (1988)	Evalúan la eficiencia global de 20 departamentos de contabilidad en Gran Bretaña	Número de Personal	Número de estudiantes	Ellos trabajan con una serie de seis modelos de eficiencia de diferente complejidad
Beasley (1990 y 1995)	Evalúa la eficiencia productiva de 52 departamentos de Química y 50 departamentos de Física de diferentes universidades relativos a la misma disciplina En 1995 analiza la misma información para determinar la eficiencia en investigación y enseñanza conjuntamente, donde emplea las restricciones ponderadas.	-Gasto corriente del departamento (incluye salarios) -Gasto en equipamiento -Ayudas a la investigación	-Número de estudiantes de grado -Número de estudiantes de postgrado en docencia e investigación -Ingresos procedentes de la investigación -Clasificación obtenida por el departamento según la evaluación de la RAE (Research Assessment Exercise) Utiliza 8 medidas de output por tres de input	Desglosa la eficiencia global de cada departamento midiendo la eficiencia de cada uno en cada una de sus funciones docencia e investigación
Johnes, G. y Johnes, J. (1993)	Miden la eficiencia técnica de 36 departamentos de economía en el Reino Unido, en términos del output investigación. Para el periodo 1984-1988	1. persona-meses de quienes desempeñan funciones de docencia e investigación (STAFF 11) 2. persona-mes de quienes desempeñan sólo funciones de investigación (STAFF) 3. el valor de subvenciones a la investigación per cápita concedidas por externos (GRANTSPC) 4. UG = 300-carga de estudiantes de pregrado per cápita	Tipos de publicación: 1. número de artículos en revistas académicas 2. número de cartas en revistas académicas 3. los artículos en revistas profesionales 4. los artículos en las revistas populares 5. los libros de autor 6. los libros editados 7. informes oficiales publicados 8. contribuciones a obras editadas 9. número de artículos y cartas (comunicaciones) publicadas en revistas académicas núcleo Utilizan 32 combinaciones de las 9 variables arriba mencionadas	Realizan 32 especificaciones de input-output, modificadas 5 veces, agregando en varias combinaciones UG y GRANTSPC como inputs y las subvenciones a la investigación totales como output. Esto hace un total de 192 corridas del DEA.

<p>Johnes, J. y Johnes, G. (1995)</p>	<p>Investigan la eficiencia técnica de 36 departamentos de economía en las Universidades del Reino Unido, como productores de la investigación para 1989</p>	<p>Modelo 1 1.Persona-meses de quienes desempeñan funciones de docencia e investigación</p> <p>Modelo 2 1.Persona-meses de quienes desempeñan funciones de docencia e investigación 2.El valor de subvenciones a la investigación per cápita concedidas por externos (valor de los apoyos externos a la investigación por miembro de la facultad) 3.El tiempo disponible para la investigación{medida por una constante arbitraria(1665hrs) restando el número anual de horas per cápita gastadas en cada una de las tres actividades (enseñanza en pregrado, enseñanza en postgrado y supervisión de la investigación en postgrado) con el fin de llegar a una medida de tiempo disponible para la investigación por cada miembro de la facultad} 4.Persona-mes de quienes desempeñan sólo funciones de investigación</p> <p>Modelo 3 1.Persona-meses de quienes desempeñan funciones de docencia e investigación 2. El tiempo disponible para la investigación{medida por una constante arbitraria(1665hrs) restando el número anual de horas per cápita</p>	<p>Modelo 1 1.Número de artículos y cartas (comunicaciones) publicadas en revistas académicas, con un peso extra permitido para los publicados en las revistas núcleo de la economía. Este peso extra permite el ajuste crudo de "calidad" a realizarse en nuestra medida de output.</p> <p>Modelo 2 1.Número de artículos en revistas académicas 2.Número de cartas en revistas académicas 3. Número de artículos en revistas profesionales 4.Número de artículos en las revistas populares 5.Los libros de autor 6.Los libros editados 7.Informes oficiales publicados 8.Contribuciones a obras editadas 9.Número de artículos y cartas (comunicaciones) publicadas en revistas académicas núcleo)</p> <p>Modelo 3 1.Número de artículos y cartas (comunicaciones) publicadas en revistas académicas, con un peso extra permitido para los publicados en las revistas núcleo de la economía. Este peso extra permite el ajuste crudo de "calidad" a realizarse en nuestra medida de output.</p>	<p>Los resultados de un DEA pueden ser muy sensibles a la selección de inputs y outputs incluidos en los respectivos valores. Para checar esto, ellos han experimentado con más de 190 diferentes combinaciones de los vectores de inputs y outputs.</p> <p>En general, los resultados son remarcablemente robustos con respecto a la selección de los vectores de inputs y outputs. Incluyendo que la función de docencia es reconocida profundamente por la sociedad como más importante que la función de investigación, los autores sugieren que el tiempo disponible para la investigación (una vez que los compromisos de enseñanza se han deducido) podría representar potencialmente un fuerte input en el proceso de producción de la investigación. Por lo que incluyen el modelo 3</p>
--	--	--	---	---

		gastadas en cada una de las tres actividades (enseñanza en pregrado, enseñanza en postgrado y supervisión de la investigación en postgrado) con el fin de llegar a una medida de tiempo disponible para la investigación por cada miembro de la facultad}		
Sinuay-Stern, Mehrez y Barboy (1994)	Examina la eficiencia relativa de 21 departamentos académicos en la Universidad Ben-Gurion de Israel	-Costos - Salarios	-Becas -Publicaciones -Estudiantes graduados -horas contacto	Los autores probaron la sensibilidad de los resultados de eficiencia borrando o combinando variables.
Kao y Hung (2008)	Aplican la técnica DEA para evaluar la eficiencia relativa de 41 departamentos académicos en la Universidad Nacional Cheng Kung en Taiwan	1.Personal: personal académico y personal administrativo 2.Gastos de operación(miles de dólares) 3. Cantidad de espacio usado por el departamento (metros cuadrados)	1.Carga de la docencia (total de créditos-horas) 2.Publicaciones (incluyen revistas arbitradas, libros, comunicaciones, monografías, etc.) Dado que todas esas tienen diferente calidad e impacto, y diferentes áreas no tienen una base común para comparar. Para eliminar el efecto solo consideran los artículos publicados en esas revistas sobre la lista de revistas (SCI, SSCI y A&HCI) 3. Subvenciones (apoyos externos y contratos) (miles de dólares)	Usan el modelo BCC del DEA para medir la eficiencia de la utilización de recursos de la universidad en estudio. Realizan una descomposición de la eficiencia, y efectúan un análisis cluster para distinguir la disimilaridad de los departamentos.

Fuente: Elaboración propia.

4C. Estudios a nivel internacional y nacional que utilizan el índice de productividad Malmquist en el ámbito de educación superior

Cuadro 1. Trabajos que estudian el cambio de productividad en Universidades

AUTOR /ES	OBJETIVO	INPUTS	OUTPUTS	HOMOGENEIDAD	MODELOS
Flegg et al., (2004)	Examinan la eficiencia técnica (DEA) de universidades británicas en el periodo 1980/81 -1992/93. Y estudian las causas de variación en eficiencia mediante el índice Malmquist	<ul style="list-style-type: none"> - el número de personal (académicos y relacionados a lo académico) - el número de estudiantes de pregrado(ETC) - el número de estudiantes de posgrado(ETC) -gastos públicos agregados 	<ul style="list-style-type: none"> - los ingresos de investigación y consultoría - el número de títulos de grado otorgado, ajustado por calidad; - el número de títulos de posgrado otorgados 	En total fueron excluidas cinco universidades excluidas (Oxford, Edinburgh, Glasgow, Cambrigde y London and Manchester business school).	DEA convencional (orientación output) Índice de Malmquist
Johnes et al. (2005)	Analizan la eficiencia y productividad de 121 IES británicas, mediante el DEA e Índices Malmquist para los años 2000-01 a 2002-03	DEA: -Costo total de operación Enfoque Malmquist: -Gasto de capital -Gasto de operación	DEA: -Estudiantes de pregrado en medicina -Estudiantes de pregrado en ciencias -Estudiantes de pregrado en no ciencias -Estudiantes de posgrado -Componentes de subvención en investigación -Otros servicios a la comunidad Enfoque Malmquist: -Número total de estudiantes ETC	Agrupan las IES en subgrupos más homogéneos por objetivos y según el contexto en que operan. -Universidades Pre-92 sin facultades de medicina -Universidades Pre-92 con facultades de medicina -Universidades post-92 -Colegios SCOP	DEA convencional (Orientación input, Orientación output) Índice Malmquist (rendimientos constantes a escala)

Worthington y Lee (2005)	Evalúan el crecimiento en productividad de 35 universidades australianas usando técnicas de frontera no paramétrica sobre el período 1998-2003	<ul style="list-style-type: none"> -Personal académico ETC -Personal no académico ETC - gastos no laborales -estudiantes matriculados ETC -estudiantes graduados ETC 	<ul style="list-style-type: none"> -undergraduate completions -postgraduate completions -Ph. D. completions <p>(completions student incluye: degrees and other undergraduate qualifications)</p> <ul style="list-style-type: none"> -subvenciones competitivas a nivel nacional (dlls.) -subvenciones de la industria (dlls.) -publicaciones(en puntos) 	Excluyen tres universidades para cumplir el requerimiento técnico para un panel balanceado de datos.	Índice de Malmquist (orientación output) Separan el análisis de productividad sólo para investigación y sólo enseñanza
Agasisti y Johnes (2009)	Comparan la eficiencia técnica relativa de universidades italianas con instituciones de educación superior inglesas durante el período 2000/01-2004/05 y también analizan las tendencias de eficiencia en esos dos países en el período de 4 años.	<ul style="list-style-type: none"> -Número total de estudiantes -Monto total de recursos/ingresos financieros -Número de estudiantes de doctorado -Número de personal académico 	<ul style="list-style-type: none"> -Número de graduados (<i>Bachelor y Master</i>) -Monto total de subvenciones externas y contratos para investigación 	Debido a ausencia de datos para un año, en el caso de Reino Unido fueron excluidas del análisis seis instituciones, mientras que en el caso de Italia se excluyó una universidad.	DEA convencional (BCC y CCR, con orientación output) DEA por separado (57 universidades italianas y 127 instituciones de educación superior) DEA en conjunto Índice de Malmquist

Thanassoulis <i>et al.</i> (2011)	<p>Analizan el desempeño de 121 Instituciones de Educación Superior inglesas en el período 2000/01- 2002/03, mediante la técnica DEA con orientación input y output, para evaluar su estructura de costos, eficiencia y productividad. Así también estiman el Índice de productividad de Malmquist y sus componentes separados para diferentes grupos de universidades.</p>	<p>-Costos totales de operación en precios constantes</p>	<p>- Estudiantes de grado ETC en medicina o dentista - Estudiantes de grado ETC en ciencias -Estudiantes de grado ETC en no ciencias -Estudiantes de posgrado ETC en todas las disciplinas -relacionados con la calidad de financiación y becas de investigación en precio constantes -Ingresos por otros servicios prestados en precios constantes (denominada tercera misión)</p>	<p>- Utilizan datos de todas las IES en Inglaterra, que cubre antiguas universidades, como Oxford y Cambridge, las universidades tradicionales (en el sector anterior a 1992), las nuevas universidades (principalmente antiguas escuelas politécnicas que obtuvieron el estatuto de la universidad en 1992), y escuelas superiores la educación (los miembros de GuildHE, que es una asociación de instituciones de educación superior que no tienen el estatus de universidad). Se centran en Inglaterra para evitar complicaciones por diferencia espacial (queda fuera Escocia y Gales). Se excluye un reducido número de instituciones sobre la base de que han adquirido las escuelas de medicina durante el período considerado, y por lo tanto se han movido de un grupo de instituciones a otro.</p>	<p>DEA convencional Orientación Input Orientación Output Índice de Malmquist Aplican dichas metodologías a los siguientes grupos: -IES pre-1992 sin escuelas de medicina (N=96) -IES pre-1992 con escuelas de medicina (N=54) - IES post-1992 universidades (N=99) -GuildHE colleges (N=114)</p>
--	---	---	--	---	--

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 1. Modelo Global (docencia e investigación)

258

Cuadro 2. Modelo sólo docencia

MALMQUIST INDEX SUMMARY						MALMQUIST INDEX SUMMARY						MALMQUIST INDEX SUMMARY						MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS					
year = 2						year = 3						year = 4											
firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	year	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.095	1.804	1.000	1.095	1.975	1	1.016	1.445	1.000	1.016	1.468	1	0.938	1.311	1.000	0.938	1.230	2	1.049	1.632	1.000	1.049	1.713
2	1.099	1.820	1.000	1.099	2.001	2	1.026	1.443	1.000	1.026	1.481	2	0.926	1.293	1.000	0.926	1.198	3	0.999	1.404	1.000	0.999	1.402
3	1.076	1.803	1.000	1.076	1.940	3	1.052	1.449	1.000	1.052	1.524	3	0.904	1.320	1.000	0.904	1.193	4	0.997	1.256	1.000	0.997	1.253
4	1.077	1.793	1.000	1.077	1.931	4	0.957	1.504	1.000	0.957	1.439	4	0.978	1.329	1.000	0.978	1.299	mean 1.015 1.423 1.000 1.015 1.444					
5	1.000	1.792	1.000	1.000	1.791	5	0.986	1.509	1.000	0.986	1.489	5	0.992	1.316	1.000	0.992	1.305						
6	1.068	1.802	1.000	1.068	1.924	6	0.964	1.479	1.000	0.964	1.426	6	0.878	1.329	1.000	0.878	1.167						
7	1.100	1.802	1.000	1.100	1.982	7	0.990	1.457	1.000	0.990	1.441	7	0.945	1.309	1.000	0.945	1.237						
8	0.883	1.792	1.000	0.883	1.582	8	0.887	1.437	1.000	0.887	1.275	8	0.897	1.252	1.000	0.897	1.123						
9	1.091	1.806	1.000	1.091	1.971	9	1.025	1.450	1.000	1.025	1.485	9	1.019	1.297	1.000	1.019	1.322						
10	1.070	1.792	1.000	1.070	1.918	10	1.045	1.446	1.000	1.045	1.510	10	1.050	1.190	1.000	1.050	1.250						
11	1.082	1.817	1.000	1.082	1.965	11	0.989	1.473	1.000	0.989	1.456	11	1.088	1.304	1.000	1.088	1.419	firm effch techch pech sech tfpch					
12	1.039	1.796	1.000	1.039	1.866	12	1.051	1.470	1.000	1.051	1.545	12	0.961	1.292	1.000	0.961	1.242	1	1.014	1.506	1.000	1.014	1.528
13	1.115	1.811	1.000	1.115	2.018	13	1.046	1.445	1.000	1.046	1.511	13	1.067	1.260	1.000	1.067	1.345	2	1.015	1.503	1.000	1.015	1.526
14	1.134	1.797	1.000	1.134	2.038	14	1.051	1.441	1.000	1.051	1.514	14	1.371	1.195	1.000	1.371	1.639	3	1.008	1.511	1.000	1.008	1.522
15	1.100	1.808	1.000	1.100	1.989	15	1.038	1.468	1.000	1.038	1.524	15	1.037	1.284	1.000	1.037	1.332	4	1.003	1.530	1.000	1.003	1.534
16	1.073	1.792	1.000	1.073	1.922	16	0.899	1.545	1.000	0.899	1.389	16	0.981	1.338	1.000	0.981	1.312	5	0.993	1.527	1.000	0.993	1.515
17	1.097	1.796	1.000	1.097	1.971	17	0.993	1.480	1.000	0.993	1.470	17	0.990	1.308	1.000	0.990	1.295	6	0.967	1.521	1.000	0.967	1.474
18	1.056	1.792	1.000	1.056	1.892	18	0.964	1.500	1.000	0.964	1.446	18	1.008	1.323	1.000	1.008	1.333	7	1.010	1.509	1.000	1.010	1.523
19	1.141	1.795	1.000	1.141	2.048	19	1.005	1.482	1.000	1.005	1.489	19	0.945	1.303	1.000	0.945	1.232	8	0.889	1.477	1.000	0.889	1.313
20	1.085	1.808	1.000	1.085	1.962	20	1.042	1.437	1.000	1.042	1.497	20	0.990	1.283	1.000	0.990	1.270	9	1.045	1.503	1.000	1.045	1.570
21	1.095	1.822	1.000	1.095	1.995	21	0.987	1.435	1.000	0.987	1.417	21	1.020	1.297	1.000	1.020	1.323	10	1.055	1.455	1.000	1.055	1.535
22	1.133	1.803	1.000	1.133	2.043	22	1.007	1.456	1.000	1.007	1.466	22	1.037	1.299	1.000	1.037	1.347	11	1.052	1.517	1.000	1.052	1.596
23	1.020	1.809	1.000	1.020	1.844	23	0.972	1.466	1.000	0.972	1.424	23	1.011	1.289	1.000	1.011	1.303	12	1.016	1.505	1.000	1.016	1.530
24	0.995	1.773	1.000	0.995	1.763	24	1.017	1.493	1.000	1.017	1.519	24	1.026	1.273	1.000	1.026	1.306	13	1.075	1.488	1.000	1.075	1.601
25	1.071	1.743	1.000	1.071	1.867	25	1.017	1.443	1.000	1.017	1.467	25	1.044	1.257	1.000	1.044	1.312	14	1.178	1.458	1.000	1.178	1.717
26	1.163	1.712	1.000	1.163	1.991	26	0.842	1.489	1.000	0.842	1.253	26	1.034	1.311	1.000	1.034	1.356	15	1.058	1.505	1.000	1.058	1.592
27	0.873	1.675	1.000	0.873	1.466	27	1.227	1.512	1.000	1.227	1.855	27	0.980	1.337	1.000	0.980	1.310	16	0.982	1.547	1.000	0.982	1.518
28	1.034	1.745	1.000	1.034	1.934	28	0.973	1.467	1.000	0.973	1.478	28	0.985	1.295	1.000	0.985	1.275	17	1.025	1.515	1.000	1.025	1.554
29	1.045	1.634	1.000	1.045	1.708	29	0.946	1.436	1.000	0.946	1.358	29	0.954	1.293	1.000	0.954	1.234	18	1.009	1.526	1.000	1.009	1.539
30	0.922	1.599	1.000	0.922	1.475	30	0.986	1.439	1.000	0.986	1.418	30	1.019	1.277	1.000	1.019	1.302	19	1.027	1.513	1.000	1.027	1.555
31	1.013	1.588	1.000	1.013	1.609	31	1.008	1.423	1.000	1.008	1.434	31	1.031	1.265	1.000	1.031	1.305	20	1.038	1.494	1.000	1.038	1.551
32	1.118	1.540	1.000	1.118	1.723	32	1.014	1.451	1.000	1.014	1.471	32	0.977	1.319	1.000	0.977	1.289	21	1.033	1.502	1.000	1.033	1.552
33	1.088	1.512	1.000	1.088	1.646	33	0.991	1.483	1.000	0.991	1.469	33	0.982	1.328	1.000	0.982	1.304	22	1.058	1.505	1.000	1.058	1.592
34	1.022	1.490	1.000	1.022	1.523	34	0.989	1.431	1.000	0.989	1.415	34	1.016	1.305	1.000	1.016	1.326	23	1.001	1.506	1.000	1.001	1.507
35	1.117	1.468	1.000	1.117	1.640	35	1.026	1.424	1.000	1.026	1.460	35	1.036	1.300	1.000	1.036	1.347	24	1.013	1.499	1.000	1.013	1.518
36	1.096	1.448	1.000	1.096	1.587	36	1.000	1.412	1.000	1.000	1.412	36	1.037	1.295	1.000	1.037	1.343	25	1.044	1.468	1.000	1.044	1.532
37	1.127	1.442	1.000	1.127	1.625	37	1.004	1.298	1.000	1.004	1.303	37	0.962	1.212	1.000	0.962	1.166	26	1.004	1.495	1.000	1.004	1.501
38	1.034	1.430	1.000	1.034	1.479	38	0.987	1.295	1.000	0.987	1.278	38	1.054	1.223	1.000	1.054	1.289	27	0.985	1.5016	1.000	0.985	1.577
39	0.868	1.435	1.000	0.868	1.246	39	0.961	1.264	1.000	0.961	1.214	39	0.889	1.225	1.000	0.889	1.089	28	0.997	1.462	1.000	0.997	1.458
40	1.122	1.383	1.000	1.122	1.551	40	1.022	1.267	1.000	1.022	1.294	40	1.069	1.176	1.000	1.069	1.256	29	0.981	1.448	1.000	0.981	1.420
41	0.989	1.398	1.000	0.989	1.383	41	1.165	1.211	1.000	1.165	1.410	41	0.969	1.053	1.000	0.969	1.020	30	0.975	1.432	1.000	0.975	1.396
42	0.861	1.349	1.000	0.861	1.161	42	0.897	1.239	1.000	0.897	1.112	42	0.926	1.145	1.000	0.926	1.060	31	1.017	1.419	1.000	1.017	1.444
43	1.020	1.328	1.000	1.020	1.354	43	0.982	1.250	1.000	0.982	1.228	43	0.943	1.171	1.000	0.943	1.103	32	1.035	1.434	1.000	1.035	1.484
44	1.000	1.325	1.000	1.000	1.325	44	1.000	1.161	1.000	1.000	1.161	44	1.000	1.028	1.000	1.000	1.028	33	1.019	1.439	1.000	1.019	1.466
45	1.055	1.307	1.000	1.055	1.379	45	1.034	1.180	1.000	1.034	1.221	45	0.960	1.125	1.000	0.960	1.079	34	1.009	1.406	1.000	1.009	1.419
46	1.075	1.289	1.000	1.075	1.385	46	0.954	1.178	1.000	0.954	1.123	46	1.060	1.077	1.000	1.060	1.141	35	1.059	1.395	1.000	1.059	1.477
47	1.000	1.280	1.000	1.000	1.280	47	1.000	1.200	1.000	1.000	1.200	47	1.000	1.160	1.000	1.000	1.160	36	1.043	1.384	1.000	1.043	1.444
mean 1.049 1.632 1.000 1.049 1.713						mean 0.999 1.404 1.000 0.999 1.402						mean 0.997 1.256 1.000 0.997 1.253											
																		MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS					
																		firm effch techch pech sech tfpch					
																		1 1.014 1.506 1.000 1.014 1.528					
																		2 1.015 1.503 1.000 1.015 1.526					
																		3 1.008 1.511 1.000 1.008 1.522					
																		4 1.003 1.530 1.000 1.003 1.534					
																		5 0.993 1.527 1.000 0.993 1.515					
																		6 0.967 1.521 1.000 0.967 1.474					
																		7 1.010 1.509 1.000 1.010 1.523					
																		8 0.889 1.477 1.000 0.889 1.313					
																		9 1.045 1.503 1.000 1.045 1.570					
																		10 1.055 1.455 1.000 1.055 1.535					
																		11 1.052 1.517 1.000 1.052 1.596					
																		12 1.016 1.505 1.000 1.016 1.530					
																		13 1.075 1.488 1.000 1.075 1.601					
																		14 1.178 1.458 1.000 1.178 1.717					
																		15 1.058 1.505 1.000 1.058 1.592					
																		16 0.982 1.547 1.000 0.982 1.518					
																		17 1.025 1.515 1.000 1.025 1.554					
																		18 1.009 1.526 1.000 1.009 1.539					
																		19 1.027 1.513 1.000 1.027 1.555					
																		20 1.038 1.494 1.000 1.038 1.551					
																		21 1.033 1.502 1.000 1.033 1.552					

[Note that all Malmquist index averages are geome

Cuadro 3. Modelo sólo investigación

MALMQUIST INDEX SUMMARY																		MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS					
year = 2						year = 3						year = 4											
firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch	year	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.095	1.792	1.000	1.095	1.961	1	0.939	1.545	1.000	0.939	1.450	1	0.979	1.337	1.000	0.979	1.309	2	1.053	1.606	1.000	1.053	1.691
2	1.117	1.792	1.000	1.117	2.002	2	0.923	1.545	1.000	0.923	1.426	2	0.950	1.266	1.000	0.950	1.202	3	0.934	1.469	1.000	0.934	1.372
3	1.076	1.792	1.000	1.076	1.927	3	0.979	1.545	1.000	0.979	1.513	3	0.967	1.337	1.000	0.967	1.292	4	0.961	1.293	1.000	0.961	1.242
4	1.077	1.792	1.000	1.077	1.930	4	0.925	1.545	1.000	0.925	1.430	4	0.991	1.337	1.000	0.991	1.325						
5	1.226	1.580	1.000	1.226	1.937	5	0.901	1.295	1.000	0.901	1.166	5	0.824	1.227	1.000	0.824	1.011	mean	0.981	1.450	1.000	0.981	1.423
6	1.068	1.792	1.000	1.068	1.914	6	0.929	1.545	1.000	0.929	1.435	6	0.912	1.337	1.000	0.912	1.219						
7	1.100	1.792	1.000	1.100	1.971	7	0.925	1.545	1.000	0.925	1.429	7	0.945	1.337	1.000	0.945	1.264						
8	0.875	1.575	1.000	0.875	1.378	8	0.808	1.545	1.000	0.808	1.249	8	0.778	1.241	1.000	0.778	0.966						
9	1.094	1.792	1.000	1.094	1.961	9	0.955	1.545	1.000	0.955	1.475	9	0.972	1.337	1.000	0.972	1.299						
10	1.023	1.792	1.000	1.023	1.833	10	0.931	1.545	1.000	0.931	1.438	10	0.944	1.337	1.000	0.944	1.262						
11	1.094	1.792	1.000	1.094	1.960	11	0.962	1.545	1.000	0.962	1.487	11	0.967	1.337	1.000	0.967	1.292						
12	1.039	1.792	1.000	1.039	1.862	12	0.948	1.545	1.000	0.948	1.465	12	0.972	1.337	1.000	0.972	1.300						
13	1.116	1.792	1.000	1.116	1.999	13	0.978	1.545	1.000	0.978	1.511	13	1.022	1.337	1.000	1.022	1.366						
14	1.191	1.559	1.000	1.191	1.857	14	0.917	1.380	1.000	0.917	1.265	14	1.175	1.126	1.000	1.175	1.323						
15	1.115	1.792	1.000	1.115	1.998	15	0.967	1.545	1.000	0.967	1.493	15	0.932	1.337	1.000	0.932	1.245						
16	1.073	1.792	1.000	1.073	1.922	16	0.899	1.545	1.000	0.899	1.389	16	0.975	1.337	1.000	0.975	1.303						
17	1.093	1.760	1.000	1.093	1.923	17	1.100	1.314	1.000	1.100	1.446	17	0.881	1.182	1.000	0.881	1.042						
18	1.056	1.792	1.000	1.056	1.892	18	0.909	1.545	1.000	0.909	1.405	18	1.058	1.337	1.000	1.058	1.414						
19	1.141	1.792	1.000	1.141	2.045	19	0.948	1.545	1.000	0.948	1.465	19	0.901	1.337	1.000	0.901	1.204						
20	1.085	1.792	1.000	1.085	1.944	20	0.950	1.545	1.000	0.950	1.468	20	0.932	1.337	1.000	0.932	1.246						
21	1.111	1.792	1.000	1.111	1.991	21	0.918	1.545	1.000	0.918	1.418	21	0.978	1.337	1.000	0.978	1.307						
22	1.137	1.792	1.000	1.137	2.037	22	0.933	1.545	1.000	0.933	1.442	22	1.010	1.337	1.000	1.010	1.350						
23	1.031	1.792	1.000	1.031	1.847	23	0.912	1.545	1.000	0.912	1.408	23	0.912	1.337	1.000	0.912	1.219						
24	0.995	1.773	1.000	0.995	1.763	24	0.895	1.545	1.000	0.895	1.382	24	1.009	1.337	1.000	1.009	1.349						
25	1.090	1.737	1.000	1.090	1.893	25	0.960	1.545	1.000	0.960	1.482	25	0.945	1.337	1.000	0.945	1.263						
26	1.174	1.703	1.000	1.174	2.000	26	0.777	1.545	1.000	0.777	1.200	26	1.080	1.337	1.000	1.080	1.443						
27	0.873	1.672	1.000	0.873	1.459	27	1.227	1.545	1.000	1.227	1.895	27	0.980	1.337	1.000	0.980	1.310						
28	1.034	1.641	1.000	1.034	1.697	28	0.889	1.545	1.000	0.889	1.374	28	0.976	1.337	1.000	0.976	1.304						
29	1.051	1.613	1.000	1.051	1.694	29	0.883	1.545	1.000	0.883	1.365	29	0.915	1.337	1.000	0.915	1.223						
30	0.985	1.586	1.000	0.985	1.562	30	0.907	1.545	1.000	0.907	1.401	30	0.968	1.337	1.000	0.968	1.294						
31	1.036	1.560	1.000	1.036	1.616	31	0.924	1.545	1.000	0.924	1.428	31	0.949	1.337	1.000	0.949	1.269						
32	1.118	1.535	1.000	1.118	1.717	32	0.957	1.529	1.000	0.957	1.463	32	1.004	1.337	1.000	1.004	1.342						
33	1.088	1.512	1.000	1.088	1.646	33	0.961	1.505	1.000	0.961	1.447	33	0.984	1.337	1.000	0.984	1.315						
34	1.022	1.490	1.000	1.022	1.523	34	0.928	1.483	1.000	0.928	1.376	34	0.990	1.326	1.000	0.990	1.313						
35	1.117	1.468	1.000	1.117	1.640	35	0.973	1.462	1.000	0.973	1.422	35	0.998	1.337	1.000	0.998	1.333						
36	1.096	1.448	1.000	1.096	1.587	36	0.960	1.441	1.000	0.960	1.383	36	1.020	1.323	1.000	1.020	1.349						
37	1.068	1.428	1.000	1.068	1.525	37	0.936	1.422	1.000	0.936	1.331	37	0.972	1.305	1.000	0.972	1.268						
38	1.049	1.409	1.000	1.049	1.479	38	0.906	1.403	1.000	0.906	1.271	38	1.019	1.287	1.000	1.019	1.312						
39	0.868	1.391	1.000	0.868	1.207	39	0.940	1.385	1.000	0.940	1.301	39	0.890	1.271	1.000	0.890	1.131						
40	1.122	1.373	1.000	1.122	1.541	40	0.928	1.367	1.000	0.928	1.269	40	0.991	1.255	1.000	0.991	1.243						
41	1.024	1.357	1.000	1.024	1.390	41	0.967	1.351	1.000	0.967	1.305	41	0.975	1.239	1.000	0.975	1.208						
42	0.637	1.318	1.000	0.637	0.839	42	0.819	1.311	1.000	0.819	1.074	42	0.830	1.210	1.000	0.830	1.005						
43	1.020	1.325	1.000	1.020	1.351	43	0.918	1.319	1.000	0.918	1.210	43	0.952	1.210	1.000	0.952	1.152						
44	1.095	1.309	1.000	1.095	1.434	44	0.953	1.304	1.000	0.953	1.242	44	0.967	1.196	1.000	0.967	1.157						
45	1.039	1.295	1.000	1.039	1.345	45	0.965	1.289	1.000	0.965	1.244	45	0.929	1.183	1.000	0.929	1.099						
46	1.075	1.281	1.000	1.075	1.377	46	0.851	1.275	1.000	0.851	1.085	46	0.942	1.170	1.000	0.942	1.102						
47	1.000	1.264	1.000	1.000	1.264	47	1.000	1.149	1.000	1.000	1.149	47	1.000	1.062	1.000	1.000	1.062						
mean	1.053	1.606	1.000	1.053	1.691	mean	0.934	1.469	1.000	0.934	1.372	mean	0.961	1.293	1.000	0.961	1.242						
MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS																							
firm effch techch pech sech tfpch																							
1	1.002	1.547	1.000	1.002	1.550	1	1.002	1.547	1.000	1.002	1.550	1	1.002	1.547	1.000	1.002	1.550						
2	0.993	1.519	1.000	0.993	1.508	2	0.993	1.519	1.000	0.993	1.508	2	0.993	1.519	1.000	0.993	1.508						
3	1.006	1.547	1.000	1.006	1.556	3	1.006	1.547	1.000	1.006	1.556	3	1.006	1.547	1.000	1.006	1.556						
4	0.996	1.547	1.000	0.996	1.540	4	0.996	1.547	1.000	0.996	1.540	4	0.996	1.547	1.000	0.996	1.540						
5	0.969	1.359	1.000	0.969	1.317	5	0.969	1.359	1.000	0.969	1.317	5	0.969	1.359	1.000	0.969	1.317						
6	0.967	1.547	1.000	0.967	1.496	6	0.967	1.547	1.000	0.967	1.496	6	0.967	1.547	1.000	0.967	1.496						
7	0.987	1.547	1.000	0.987	1.527	7	0.987	1.547	1.000	0.987	1.527	7	0.987	1.547	1.000	0.987	1.527						
8	0.819	1.445	1.000	0.819	1.184	8	0.819	1.445	1.000	0.819	1.184	8	0.819	1.445	1.000	0.819	1.184						
9	1.005	1.547	1.000	1.005	1.555	9	1.005	1.547	1.000	1.005	1.555	9	1.005	1.547	1.000	1.005	1.555						
10	0.965	1.547	1.000	0.965	1.493	10	0.965	1.547	1.000	0.965	1.493	10	0.965	1.547	1.000	0.965	1.493						
11	1.006	1.547	1.000	1.006	1.556	11	1.006	1.547	1.000	1.006	1.556	11	1.006	1.547	1.000	1.006	1.556						
12	0.986	1.547	1.000	0.986	1.525	12	0.986	1.547	1.000	0.986	1.525	12	0.986	1.547	1.000	0.986	1.525						
13	1.037	1.547	1.000	1.037	1.604	13	1.037	1.547	1.000	1.037	1.604	13	1.037	1.547	1.000	1.037	1.604						
14	1.087	1.343	1.000	1.087	1.459	14	1.087																

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, M. y Doucouliagos, C. (2003): "The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis", *Economics of Education Review*, 22, pp. 89-97.
- Abbott, M. y Doucouliagos, C. (2004): "Research Output of Australian Universities", *Education Economics*, vol. 12(3), pp. 251-265.
- Abbott, M. y Doucouliagos, C. (2009): "Competition and efficiency: overseas students and technical efficiency in Australian and New Zealand universities", *Education Economics*, vol. 17(1), pp. 31-57.
- Afonso, A. y Santos, M. (2008): "A DEA approach to the relative efficiency of Portuguese public universities", *Portuguese Journal of Management Studies*, Vol. XIII (1), pp. 67-87.
- Agasisti, T. y Johnes, G. (2009): "Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision-making units across more than one country", *Education Economics*, vol. 17, nº. 1, pp. 59-79.
- Agasisti, T. y Pérez Esparrells, C. (2010): "Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish State Universities", *Higher Education*, 59 (1), pp. 85-103.
- Ahn, T. S. y Seiford, L. M. (1993): "Sensitive of DEA to Models and Variable Sets in a Hypothesis Test Setting: The Efficiency of University Operations" en Ijiri, Y. (editor): "*Creative and Innovative Approaches to the Science of Management*", Quorum Books, New York, pp. 191-208.
- Ahn, T. S., Charnes, A. y Cooper, W.W. (1988): "Efficiency characterizations in different DEA models", *Socio-Economic Planning Sciences*, 22 (6), pp. 253-257.

- Ahn, T., Arnold, V., Charnes, A. y Cooper, W. W. (1989): "DEA and ratio efficiency analysis for public institutions of higher learning in Texas", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5, pp. 165-185.
- Albi, E, González-Páramo, J. M. y López, C. G. (1997): *Gestión Pública. Fundamentos, técnicas y casos*, 1ª edición. Ariel, Barcelona.
- Albi, E. (1992): "Evaluación de la eficiencia pública: El control de la eficiencia del sector público", *Hacienda Pública Española*, nº. 120/121, pp. 299-316.
- Albi, E., González-Páramo, J. M. y Zubiri, I. (2000): *Economía Pública I. Fundamentos, Presupuesto y Gasto, Aspectos macroeconómicos*. Ariel, Barcelona.
- Alianza 4U (2011): Información procedente del Observatorio IUNE de la Alianza A4 (varios años), (mimeo).
- Álvarez Pinilla, A. (2001): "Concepto y medición de la eficiencia productiva" en – (2001): *La Medición de la Eficiencia y la Productividad*, Editorial Pirámide.
- Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R. G. y Thanassoullis, E. (1997): "Weight Restrictions and Value Judgements in Data Envelopment Analysis: Evolution, Development and Future Directions", *Annals of Operations Research*, 73, pp. 13-34.
- Angoitia, M. y Rahona, M. (2007): "Evolución de la educación universitaria en España: diferentes perspectivas y principales tendencias (1991-2005)", *Revista de Educación*, 344, Madrid.
- Athanassopoulos, A.D. y Shale, E. (1997): "Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by Means of Data Envelopment Analysis", *Education Economics* 5, 2, pp. 117-134.
- Avkiran, N. K. (2001): "Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis", *Socio-Economic Planning Sciences*, 35, pp. 57-80.

- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Swats, J. y Thomas, D. A. (1989): "An introduction of data envelopment analysis with some of its models and their uses", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5, pp. 125-163.
- Banker, R.D., Charnes, A. y Cooper, W.W. (1984): "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Sciences*, 30, nº. 9, pp. 1078-1092.
- Battese, G. y Coelli, T. (1995): "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data", *Empirical Economics*, 20, pp. 325-332.
- Beasley, J. E. (1990): "Comparing university departments", *Omega-International Journal*, 18(2), pp. 171-183.
- Beasley, J. E. (1995): "Determining Teaching and Research Efficiencies", *Journal of the Operational Research Society*, (46), pp. 441-452.
- Breu, T. M. y Raab, R. L. (1994): "Efficiency and Perceived Quality of the Nation's "Top 25" National Universities and National Liberal Arts Colleges: An Application of Data Envelopment Analysis to Higher Education", *Socio-Economic Planning Sciences*, 28 (1), pp. 33-45.
- Buela-Casal, G., Bermúdez, M.P., Sierra, J.C., Quevedo-Blasco, R. y Castro, A. (2010): "Ranking de 2009 en investigación de las universidades públicas españolas", *Psicothema*, 22 (2), pp. 171-179.
- Bueno, E. y Casani, F. (2007): "La tercera misión de la Universidad. Enfoques e Indicadores básicos para su evolución", *Economía Industrial*, nº 366, pp.43-59.
- Buesa, M., Heijts, J. y Kahwash, O. (2009): *La calidad de las universidades en España: elaboración de un índice multidimensional*, Consejo Económico y Social, Comunidad de Madrid, Minerva Ediciones, Madrid.
- Caballero, R., Galache, T., Gómez, T. y Torrico, A. (2000): "Análisis de la eficiencia vía DEA y multiobjetivo. Una aplicación al caso de la Universidad de Málaga", *IX Jornadas de la A.E.D.E*, Jaén, pp. 81-96.

- Casani, F., Pérez Esparrells, C. y Rodríguez, J. (2010): “Nuevas estrategias económicas en la Universidad desde la responsabilidad social”, *Calidad en la educación*, nº 33, diciembre 2010, pp. 255-273.
- Cave, M., Hanney, S., Henkel, M. y Kogan, M. (1997): *The Use of Performance Indicators in Higher Education, The Challenge of the Quality Movement, Higher Education Policy Series*, Third, Great Britain, Jessica Kingsley Publishers.
- Coelli, T. J. (1996): “A Guide to DEAP Version 2.1.: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program”, *Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA) Workings Papers*, nº. 8, pp. 1-50.
- Coelli, T., Prasada Rao, D.S. y Battese, G.E. (1998): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- Cohn, E., Rhine, S. y Santos, M. C. (1989): “Institutions of higher education as multi-product firms: economies of scale and scope”, *Review of Economics and Statistics*, 71, pp. 284-290.
- Çokgezen, M. (2009): “Technical efficiencies of faculties of economics in Turkey, *Education Economics*”, Vol. 17, nº. 1, pp. 81-94.
- Conferencia de Rectores de las Universidades, CRUE. (Varios años), *La Universidad Española en cifras. Información académica, productiva y financiera de las Universidades Públicas Españolas. Indicadores universitarios*. Ed. Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas, Madrid.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. y Tone, K. (2000): *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEASolver Software*, United States of America, Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. y Zhu, J. (editores) (2004): *Handbook on Data Envelopment Analysis*, en Springer (Kluwer Academic Publishers) *International Series in Operations Research and Management Science*, Vol. 71, Boston, EE.UU.

- Cordero, F. J. M. (2006): “Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el Análisis Envolvente de Datos. Una aplicación a la educación secundaria en España”, Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura.
- Charnes, A., Clark, C., Cooper, W. y Golany, B. (1985): “A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the US Air Forces”, *Annals of Operations Research*, 2, pp. 95-112.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. y Seiford, L. M. (1994): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer academic Publisher, New York.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978): “Measuring the efficiency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, vol. 2 (6), pp. 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1981): “Evaluating program and managerial efficiency: an application of Data Envelopment Analysis to program follow through”, *Management Science*. 27 (6), pp. 668-697.
- De Groot, H., McMahon, W. y Volkein, J. F. (1991): “The cost structure of American research universities”, *Review of Economics and Statistics*, 73, pp. 424-431.
- De Pablos, E. L. y Santín, G. D. (2001): “La financiación de la Universidad: Posibles variables explicativas”, *X Jornadas de la A.E.D.E.*, Murcia, pp. 11-24.
- Debreu, G. (1951): “The Coefficient of Resource Utilization”, *Econometrica*, 19(3), July 1951.
- Duch, N. (2006): “La eficiencia de las universidades españolas”, *Informe C y D 2006*, Universidad de Barcelona, IEB y Fundación CyD, pp. 310-325.
- Duch-Brown, N. y Vilalta, M. (2010): “Can better governance increase university efficiency?”, *Documents de Treball de I'IEB* 2010/52.

- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S. y Shale, E. A. (2001): "Pitfalls and protocols in DEA", *European Journal of Operational Research*, 132, pp. 245-259.
- Dyson, R. y Thanassoullis, E. (1988): "Reducing weight flexibility in Data Envelopment Analysis", *Journal of the Operational Research Society*, vol. 39, nº 6, pp. 563-576.
- Eco, H. (2001): *Como se hace una tesis: técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura*, Editorial Gedisa, Barcelona.
- Views 6, Guía de Usuarios II, Quantitative Micro Software (2007), USA.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. y Zhang, Z. (1994): "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries", *American Economic Review*, 84 (1), pp. 66-83.
- Färe, R.; Grosskopf, S. y Lovell, C.A.K. (1994): "Productivity developments in Swedish hospitals: a Malmquist output index approach", en Charnes, A., Cooper, W.W; Lewin, A. y Seiford L. (eds.): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Farrell, M.J. (1957): "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, serie A, 120, pp. 253-290.
- Figueras, M. S. (2001): "Análisis de conglomerados o cluster", [en línea] *5campus.org, Estadística* <<http://www.5campus.org/leccion/cluster>> [fecha de consulta: 29 de abril 2011]
- Flegg, A. T., Allen, D. O. y Thurlow, T.W. (2004): "Measuring the Efficiency of British Universities: A Multi-period Data Envelopment Analysis", *Education Economics*, Vol. 12, nº. 3, pp. 231-249.
- Fried, H., Lovell, C.A.K. y Schmidt, S. (eds.) (1993): *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York.

- Fundación CYD. (2009): “Las universidades españolas en cifras: *Ránkings* de universidades”, en *Informe CyD 2008*, pp.248-267.
- Fundación CYD. (2011): “Ránkings universitarios”, en *Informe CyD 2010*, pp.267-282.
- Galache, T., Gómez, T., Pérez, F., Rivas, C., Ruiz, C. Sánchez Maldonado, J., Torrico, A. y; Caballero, R. (2010): “Análisis de la eficiencia de los grupos de investigación por ramas de conocimiento”, *Investigaciones de Economía de la Educación, XIX Jornadas de la A.E.D.E.*, nº 5, Zaragoza, pp.733-744.
- García Aracil, A., López I., E. y Palomares M., D. (2010): “An analysis of Spanish public universities missions in efficiency terms”, *Investigaciones de Economía de la Educación, XVIII Jornadas de la A.E.D.E.*, nº 4, Valencia, pp. 293-302.
- García Correas, A. y Larrán J. M. (2010): “Análisis de diferentes medidas de la eficiencia investigadora y factores explicativos en las universidades públicas españolas”, *Investigaciones de Economía de la Educación, XIX Jornadas de la A.E.D.E.*, nº 5, Zaragoza, pp. 703-732.
- García-Valderrama, T. (1996): “El control de gestión en las entidades públicas a través del Análisis Envolvente de Datos”, *Presupuesto y Gasto Público*, nº 20.
- García-Valderrama, T. y Gómez, A. M. N. (1999): “Factores determinantes de la eficiencia de los grupos de investigación en la Universidad”, *Hacienda Pública Española*, 148, pp. 131-144.
- Giménez García, V. M. (2000): "Eficiencia en costes y calidad en la universidad. Una aplicación a los departamentos de la UAB", Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Gómez Sancho, J. M. (2001): “La evaluación de la eficiencia en las Universidades Públicas Españolas”, *X Jornadas de la A.E.D.E.*, Murcia.
- Gómez Sancho, J. M. (2003): “El problema de la homogeneidad de las Universidades Públicas españolas”, *XII Jornadas de la A.E.D.E.*, Getafe.

- Gómez Sancho, J. M. (2004): “Medición del impacto de la investigación de las universidades públicas españolas en revistas ISI en el año 2000”, *XIII Jornadas de la A.E.D.E.*, San Sebastián.
- Gómez Sancho, J. M. (2005): “La evaluación de la eficiencia productiva de las Universidades Públicas Españolas”, Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Gómez Sancho, J. M. y Mancebón Torrubia, M. J. (2008): “Una propuesta de clasificación de las universidades públicas españolas en grupos comparables en los estudios de evaluación institucional”, *Revista Asturiana de Economía –RAE*, n° 41, pp. 85-108.
- Gómez Sancho, J. M. y Mancebón Torrubia, M. J. (2009): “The evaluation of scientific production: Towards a neutral impact factor”, *Scientometrics*, 81 (2), pp. 435-458.
- Gómez Sancho, J. M. y Mancebón Torrubia, M. J. (2010): “A new approach to measuring scientific production in JCR journals and its application to Spanish public universities”, *Scientometrics*, DOI: 10.1007/s11192-010-0217-5.
- Gómez Sancho, J. M. y Mancebón-Torrubia, M. J. (2005): “Algunas reflexiones metodológicas sobre la evaluación de la eficiencia productiva de las instituciones de educación superior”, *Ekonomiaz*, n° 60, vol. I, 3er cuatrimestre, pp. 141-166.
- Gómez, S. M. (2001): “El análisis cluster en investigación de marketing: Metodología y crítica”. En Hair et al.: *Análisis Multivariante*, pp. 537-543, Ed. Prentice Hall.
- González, F. E. (2001): “La estimación de la eficiencia con métodos no paramétricos”. En Álvarez Pinilla (coord): *La Medición de la Eficiencia y la Productividad*, pp.139-166, Ed. Pirámide.
- González, V. C., Lafuente, R. E. y Mato, D. F. (1998): "Estudio de la eficiencia en la Universidad de Oviedo a través del análisis envolvente de datos", *VII Jornadas AEDE*, Santander, pp. 417-428.

- González, V. C., Lafuente, R. E. y Mato, D. F. (1999): “El Análisis Envolvente de Datos y la eficiencia en la Universidad: modelos de evaluación de la docencia y la investigación”, *VI Encuentro de Economía Pública*.
- Greene, W. (2001): “La separación de la eficiencia técnica y asignativa”. En Álvarez Pinilla (coord): *La Medición de la Eficiencia y la Productividad*, pp. 95-112, Ed. Pirámide.
- Grifell-Tatjé, E. y Lovell, C.A.K (1995): “A note on the Malmquist productivity index”, *Economic Letters*, nº 47, pp.169-175.
- Grosskopf, S. (1986): "The role of the reference technology in measuring productive efficiency", *Economic Journal*, 96, págs. 499-513.
- Gujarati, D. N. (2004): *Econometría*, 5ª edición, McGraw-Hill.
- GUNI (2007): *La Educación Superior en el mundo 2007*, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Hair, Jr., J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. y Black, W.C. (2001): *Análisis Multivariante*, 5ª edición, Ed. Prentice Hall.
- Hanke, M. y Leopolseder, T. (1998): “Comparing the Efficiency of Austrian Universities: A Data Envelopment Analysis Application”, *Tertiary Education and Management*, 4, 3, pp. 191-197.
- Harris, G. T. (1990): “Research output in Australian University Economics Departments: an Update for 1984-88”, *Australian Economic Papers*, pp. 249-259.
- Hashimoto, K. y Cohn, E. (1997): “Economies of scale and scope in Japanese private universities”, *Education Economics*, 5(2), pp. 107-115
- Hernangómez, B. J., Borge, L.M., Urueña, B., Martín, N., De Benito, J.J., Ramos, L.O. y Revuelta, M.A. (2007): “Las Universidades de Castilla y León ante el reto del Espacio Europeo de Educación Superior. Un análisis de su competitividad y eficiencia”, *Revista de Investigación Económica y Social de Castilla y León*, nº 10, pp.15-154.

- Hood, Ch. (1991): "A Public Management for All Seasons?", *Public Administration*, vol. 69, spring, pp. 3-19.
- Instituto Nacional de Estadística. (varios años): Estadística de Enseñanza Universitaria.
- Johnes J. y Taylor, J. (1990): "Performance Indicator in Higher Education" (Buckingham, SRHE and Open University Press).
- Johnes, G. (1995): "Scale and technical efficiency in the production of economic research: data envelopment analysis of the 1992 research assessment exercise of British university departments of economics", *Applied Economics Letters*, 2, pp. 7-11.
- Johnes, G. y Johnes, J. (1993): "Measuring the research performance of UK economics departments: an application of data envelopment analysis", *Oxford Economic Review*, 44, pp. 322-347.
- Johnes, G., Johnes, J., Thanassoulis, E., Lenton, P., y Emrouznejad, A. (2005): "An exploratory analysis of the cost structure of higher education in England", Department of Education and Skills, Research Report RR641, pp. 60-84. Disponible en: <http://dfes.gov.uk/>. Acceso en junio 2011.
- Johnes, G., Salas-Velasco, M., (2007): "The determinants of Costs and Efficiencies Where Producers are Heterogeneous: The Case of Spanish Universities", *Economics Bulletin*, Vol. 4, nº 15, pp. 1-9.
- Johnes, J. (2006a): "Efficiency and productivity change in the English higher education sector from 1996/97 to 2002/03", *Working Paper 2006/017* Lancaster: Lancaster University Management School.
- Johnes, J. (2006b): "Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education", *Economics of Education Review*, 25, pp. 273-288.
- Johnes, J. P. y Yu, L. (2008): "Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis", *China Economic Review*, 19 (4), pp. 679-696.

- Johnes, J. y Johnes, G. (1995): "Research funding and performance in U.K. economics departments of economics: A frontier analysis", *Economics of Education Review*, 14(3), pp. 301-314.
- Joumady, O. y Ris, C. (2005): "Performance in European Higher Education: A non-parametric Production Frontier Approach", *Education Economics*, vol. 13, nº. 2, pp. 189-205.
- Kao, C. y Hung, H. (2008): "Efficiency analysis of university departments: An empirical study", *The International Journal of Management Science*, Omega 36, pp. 653-664.
- Koopmans, T. C. (1951): "Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities" in Koopmans, T. C. (editor): *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission Monograph 13, New York, John Wiley & Sons, págs. 33-97.
- Lassibille, G. y Navarro, M. L. G. (2004): *Manual de Economía de la Educación. Teoría y casos prácticos*, Ed. Pirámide, Madrid, España.
- López-Pueyo, C., Barcenilla, V. S., Mancebón, T. M. J., y Sanaú, V. J. (2008): "La productividad total de los factores en los países desarrollados. Componentes y factores determinantes", *Ekonomiaz*, nº 68, 2º cuatrimestre, pp. 404-429.
- Lovell, C. A. K. (1993): "Production Frontiers and Productive Efficiency" en Fried, H. O., Lovell, C. A. K. y Schmidt, S. S. (eds.): *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York.
- Lovell, C.A.K. y Muñiz, M. A. (2003): "Eficiencia y productividad en el sector público. Temas dominantes en la literatura", *Papeles de Economía Española*, nº 95, 2003, pp. 47-65.
- MacMillan, M. L. y Datta, D. (1998): "The Relative Efficiencies of Canadian Universities: A DEA Perspective", *Canadian Public Policy-Analyse de Politiques*, vol. XXIV, nº. 4, pp. 485-510.

- Madden, G., Savage, S. y Kemp, S. (1997): “Measuring public sector efficiency: a study of economics departments at Australian universities”, *Education Economics*, 5, pp. 153-168.
- Marinho, A., Resende, M. y Façanha, L.O. (1997): “Brazilian Federal Universities: Relative Efficiency Evaluation and Data Envelopment Analysis”, *Revista Brasileira de Economia*, 51, 4, pp. 489-508.
- Martín Vallespín, E. (2008): “Rendición de cuentas y eficiencia de la Universidad pública en el proceso de convergencia europea”, *Estudios de Hacienda Pública*, Instituto de Estudios Fiscales, pp. 191- 233.
- Martín, R. G. y Lacomba, A.B. (2008): “La oferta y la demanda de enseñanzas universitarias del sistema público español”, en Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE): *La Universidad en Cifras*, 2006, pp. 53-72.
- Martín, R. R. (2005): “La eficiencia en la asignación de recursos destinados a la educación superior: el caso de la Universidad de La Laguna”, Tesis doctoral, Universidad La Laguna.
- Martín, R. R. (2007): “La eficiencia productiva en el ámbito universitario: aspectos claves para su evaluación”, *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 25-3.
- Martínez Cabrera, M. (2003): *Análisis de la Eficiencia Productiva en las Instituciones de Educación Superior*, Ed. Fundación BBVA, Bilbao.
- Martínez Cabrera, M., (2000): Análisis de la Eficiencia Productiva de las Instituciones de Educación Superior, *Papeles de Economía Española*, nº 86, pp.179-191.
- Ministerio de Ciencia e Innovación (2008): *Datos y Cifras del Sistema Universitario Español. Curso 2008-2009*, Secretaría General Técnica.
- Ministerio de Educación (2010): *Datos y Cifras del Sistema Universitario Español. Curso 2010/2011*, Secretaría General Técnica.
- Ministerio de Educación (2011): *Estrategia Universidad 2015*, <http://www.educacion.gob.es/eu2015>

- Ministerio de Educación y Ciencia (2005): *Datos y cifras del Sistema Universitario Español. Curso 2005/2006*, Secretaría General Técnica.
- Moreno Sáez, A. y Trillo del Pozo, D. (2001): "Clasificación de los departamentos universitarios por perfiles de actividad a partir del análisis de frontera estocástica", *X Jornadas de la A.E.D.E.*, Murcia.
- Moreno, H. D. y Sánchez, C. J. (2010): "La expansión de las universidades privadas en España y su contribución a la diversificación de la oferta de estudios en el ámbito regional", *Regional and Sectoral Economic Studies*, vol. 10 (3), pp. 147-172.
- Ng, Y. C. y Li, S. K. (2000): "Measuring the Research Performance of Chinese Higher Education Institutions: An Application of Data Envelopment Analysis", *Education Economics*, 8 (2), pp. 139-156.
- Novales, A. (1997): *Estadística y Econometría*, Ed. McGraw-Hill.
- Nunamaker, T. R. (1985): "Using data envelopment analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: a critical avaluation", *Managerial and Decision Economics*, 6, 1, pp. 50-58.
- Ortega, V., Pérez Esparrells, C. y Morales, S. (2008): *La financiación de las Universidades Públicas de la Comunidad de Madrid y su aplicación a la Universidad Politécnica de Madrid. Análisis de una década 1996-2006*, Ed. Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Ortega, V., Pérez Esparrells, C. y Morales, S. (2010): *La financiación de las Universidades Públicas de la Comunidad de Madrid y su aplicación a la Universidad Politécnica de Madrid. Evolución en el periodo 1996-2008*, Ed. Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Ortega, V., Pérez Esparrells, C. y Morales, S. (2011): *Estudio sobre Análisis de los precios públicos de las matriculas universitarias y de los sistemas de becas y ayudas a los estudiantes en España y Europa: una visión crítica y prospectiva*, Conferencia de Consejo Sociales-Comunidad de Madrid, Observatorio de

financiación de las Universidades Públicas de la Comunidad de Madrid, (mimeo).

Ortega, V., Pérez Esparrells, C. y Rahona, L. M. (2005): *La financiación de las Universidades Públicas de la Comunidad de Madrid y su aplicación a la Universidad Politécnica de Madrid*, Ed. Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid.

Osborne, D. y Gaebler, T. (1992): *Reinventing Government. How the Entrepreneurial Spirit Is Transforming the Public Sector*, Addison-Wesley.

Palomares Montero, D. y García Aracil, A., (2010): "Fuzzy cluster analysis on Spanish public universities", *Investigaciones de Economía de la Educación*, nº 5, XIX Jornadas de la A.E.D.E., Zaragoza.

Palomares Montero, D. y García Aracil, A., (2011): "Utilización de indicadores para la evaluación de las universidades públicas españolas: ¿existe consenso?", *Investigaciones de Economía de la Educación*, nº 6, XIX Jornadas de la A.E.D.E., Málaga, (en prensa).

Palomares Montero, Davinia (2010): "Misiones de la universidad: hacia su complementariedad o su sustitución: el caso de las universidades públicas españolas", Tesis doctoral, Universidad de Valencia.

Parellada, M. y Duch, N. (2006): "Descentralización autonómica y sistema universitario", *Mediterráneo Económico: Un balance del estado de las Autonomías*, nº 10, pp.405-426.

Pedraja, C. F. y Salinas, J. (1996): "Eficiencia del Gasto Público en Educación Secundaria: Una aplicación de la Técnica Envolvente de Datos", *Hacienda Pública Española*, Instituto de Estudios Fiscales, 138 (3), pp. 87-95.

Pedraja, C. F., Salinas, J. y Suárez, J. (2001): "La medición de la eficiencia en el sector público". En Álvarez Pinilla, A. (coord.): *La medición de la eficiencia y la productividad*, pp. 243-265, Ed. Pirámide.

- Pedraja, C. F., Salinas, J. y Smith, P. (1994): "La restricción de las ponderaciones en el análisis envolvente de datos: una fórmula para mejorar la evaluación de la eficiencia" *Investigaciones Económicas*, vol. XVIII (2), pp. 365-380.
- Pedraja, C. F., Salinas, J. y Smith, P. (1997): "On the Role of Weight Restrictions in Data Envelopment Analysis", *Journal of Productivity Analysis*, 8, pp. 215-230.
- Peña, D. (2002): *Análisis de datos multivariantes*, Ed. Mc. Graw Hill.
- Pérez Esparrells, C. (1996): "Aspectos Económicos de la intervención pública en la financiación de la educación superior: Un análisis de los efectos redistributivos del gasto público en enseñanza universitaria en España (1981-1991)", Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Pérez Esparrells, C. (2004): "La Educación Universitaria en España: El Vínculo entre Financiación y Calidad", *Revista de Educación* (Ministerio de Educación y Ciencia), 335, pp. 305-316.
- Pérez Esparrells, C. y Gómez Sancho, J. M. (2010): "Los rankings internacionales de las instituciones de educación superior y las clasificaciones universitarias en España: Visión panorámica y prospectiva de futuro", *Fundación de las Cajas de Ahorros*, Documento de trabajo, nº. 559/2010.
- Pérez Esparrells, C., Rahona, L. M. y Vaquero, G. A. (2002): "La calidad de la enseñanza universitaria en España y su financiación", *Instituto de Estudios Fiscales* (Mimeo).
- Pina Martínez, V. y Torres Pradas, L. (1995): "Evaluación del rendimiento de los Departamentos de Contabilidad de las universidades españolas", *Hacienda Pública Española*, 135, pp. 183-190.
- Rahona, L. M. y Angoitia, G. M. (2007): "La educación universitaria en España: un análisis desde la perspectiva de la demanda", *Panorama Social*, Fundación de las Cajas de Ahorros, nº 6, Segundo semestre.
- Rhodes, E. L. y Southwick, L. (1993): "Variations in public and private university efficiency", *Public Policy Applications of Management Science*, 7, pp. 145-170.

- San Segundo, M. J. (2005): *Economía de la Educación*, Editorial Síntesis, España.
- Santín, G. D. (2003): “Descentralización y Financiación de la Universidad Pública en Latinoamérica: Algunas propuestas a partir del caso español”, *Documento de Trabajo*, nº 2002-02, Facultad de CC. Económicas y Empresariales de la UCM.
- Santín, G. D. (2003): “Eficiencia Técnica y Redes Neuronales: Un Modelo para el Cálculo del Valor Añadido en Educación”, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid (Mimeo).
- Sarafoglou, N. y Haynes, K. E. (1996): "University productivity in Sweden: a demonstration and explanatory analysis for economics and business programs", *The Annals of Regional Science*, 30, pp. 285-304.
- Sarrico, C.S. y Dyson, R. G. (2000): “Using DEA for planning in UK universities- an institutional perspective”, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 51, nº 7, pp. 789-800
- Sarrico, C.S., Hogan, S. M., Dyson, R. G. y Athanassopoulos, A. D. (1997): “Data Envelopment Analysis and University selection”, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 48, nº 12, pp. 1163-1177.
- Sexton, T. R., Silkman, R. H., y Hogan, A. J. (1986): "Data envelopment analysis: critique and extensions" en Silkman, R. H. (editor): *Measuring Efficiency: an assessment of data envelopment analysis*, San Francisco, Jossey Bass.
- Silva, S.C.V. y Ramírez de Arellano, A. (2006): “Análisis de eficiencia de Institutos Tecnológicos de España y Brasil: una aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA)”, *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 1, nº 4, pp.43-56.
- Sinuany-Stern Z., Mehrez A., y Barboy A. (1994): “Academics departments efficiency via DEA”, *Computers and Operations Research*, 21, pp. 543-556.
- Taylor, B. y Harris, G. (2004): "Relative efficiency among South African universities: A data envelopment analysis", *Higher Education*, 47, pp. 73-89.

- Thanassoulis, E., Kortelainen, M., Johnes, G. y Johnes, J. (2011): “Costs and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis”, *Journal of the Operational Research Society*, 62, pp. 1282-1297.
- Tomkins, C. y Green, R. (1988): “An experiment in the use of Data Envelopment Analysis for evaluating the efficiency of UK university departments of accounting”, *Financial Accountability and Management*, 44, pp. 147-164.
- Trillo, D. (2002): “La función de distancia: un análisis de la eficiencia en la Universidad”, Tesis doctoral, Universidad Rey Juan Carlos.
- Trillo, D. (2006): *El análisis de la eficiencia de las instituciones de educación superior a partir de la función de distancia*, Cap. III, Ed. Dykinson.
- Uriel, J. E. y Aldás, M. J. (2005): *Análisis Multivariante Aplicado. Aplicaciones al Marketing, Investigación de Mercados, Economía, Dirección de Empresas y Turismo*, Ed. Thomson.
- Vilalta Ferrer, M. y Guillén Martínez, F. (2009): “La eficiencia de las universidades públicas españolas: Un análisis cuantitativo”, *XVIII Jornadas de la A.E.D.E.*, Valencia.
- Visauta Visacua, B. (1998): *Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística Multivariante*, Madrid, McGraw Hill.
- Worthington, A. C. (2001): “An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education”, *Education Economics*, vol. 9, nº 3.
- Worthington, A. C. y Lee, B.L. (2005): “Efficiency, technology and productivity change in Australian universities 1998-2003”, *Working Paper 05/01*, University of Wollongong School of Accounting and Finance.
- Worthington, A. C. y Lee, B.L. (2008): “Efficiency, technology and productivity change in Australian universities, 1998-2003”, *Economic of Education Review*, 27, pp. 285-298.

Zhu, J. (2009): *Quantitative Models for Performance Evaluation and Bechmarking*, Springer, New York.